



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

**ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE**

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

**NÁVRH A VÝROBA PLASTOVÉ REDUKCE  
K PODLAHOVÉ HUBICI**

DESING AND PRODUCTION OF PLASTIC ADAPTER TO FLOOR NOZZLE

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

Martin Černý

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

doc. Ing. Josef Sedlák, Ph.D.

BRNO 2017

## Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie  
Student: **Martin Černý**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Základy strojírenského inženýrství  
Vedoucí práce: **doc. Ing. Josef Sedláček, Ph.D.**  
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### Návrh a výroba plastové redukce k podlahové hubici

#### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Bakalářská práce se bude zabývat návrhem a výrobou prototypů plastových redukcí k podlahové hubici. Jednotlivé tvary a rozměry redukcí budou navrženy a zkonstruovány ve 3D parametrickém softwaru Autodesk Inventor. Modely redukcí budou vyrobeny pomocí aditivní metody Fused Deposition Modeling s využitím 3D tiskárny uPrint. Práce bude ukončena technicko-ekonomickým zhodnocením s následným rozбором a celkovým zhodnocením aplikované technologie.

#### Cíle bakalářské práce:

1. Teoretická část (rozbor výrobku).
2. Charakteristika a rozbor aplikovaného materiálu (materiály pro 3D tisk).
3. Experimentální část (konstrukce a výroba prototypu redukce).
4. Technicko-ekonomické zhodnocení.

#### Seznam literatury:

PÍŠKA, M. a kolektiv. Speciální technologie obrábění. CERM 1. vyd. 246 s. 2009. ISBN 978-80-214-4025-8.

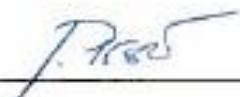
CHUA, C. K., LEONG, K. F., LIM, C. S. Rapid Prototyping: Principles and Applications. 3rd ed. New Jersey: World Scientific, c2010, 512 pp. ISBN 978-981-277-897-0.

JACOBSON, D. M., RENNIE, A. E. W., BOCKING C. E. In Proceedings of the 5th National Conference on Rapid Design, Prototyping, and Manufacture. Professional Engineering Publishing, 2004, pp. 112. ISBN 186-058-465-9.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17.

V Brně, dne 4. 11. 2016



  
\_\_\_\_\_  
prof. Ing. Miroslav Piska, CSc.  
ředitel ústavu

  
\_\_\_\_\_  
doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## ABSTRAKT

Tato práce se zabývá návrhem a výrobou prototypů plastových redukcí k podlahové hubici. Jednotlivé tvary a rozměry redukcí jsou navrženy a zkonstruovány ve 3D parametrickém softwaru Autodesk Inventor. Modely redukcí jsou vyrobeny pomocí aditivní metody Fused Deposition Modeling s využitím 3D tiskárny uPrint. Práce je ukončena technicko-ekonomickým zhodnocením s následným rozбором a celkovým zhodnocením aplikované technologie.

### Klíčová slova

Plastová redukce, podlahová hubice, Autodesk Inventor, 3D tiskárna, uPrint.

## ABSTRACT

This work deals with the design and manufacture of prototypes of plastic reduction to the floor nozzle. Individual shapes and dimensions of the reduction are designed and constructed in 3D parametric software Autodesk Inventor. Models of reduction are produced using an additive method of Fused Deposition Modeling utilizing a 3D printer uPrint. Work is completed techno-economic evaluation with the subsequent analysis and overall evaluation of the applied technology.

### Key words

Plastic reduction, floor nozzle, Autodesk Inventor, 3D printer, uPrint.

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ČERNÝ, Martin. *Návrh a výroba plastové redukce k podlahové hubici*. Brno 2017. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 58 s, 4 přílohy. doc. Ing. Josef Sedlák, Ph.D.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Návrh a výroba plastové redukce k podlahové hubici** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

---

Datum

---

Martin Černý

**PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji tímto panu doc. Ing. Josefu Sedlákoví, Ph.D. za cenné připomínky a rady a také své rodině za podporu při vypracování bakalářské práce.

**OBSAH**

ABSTRAKT .....	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ .....	6
OBSAH.....	7
ÚVOD.....	9
1 TEORETICKÁ ČÁST .....	10
1.1 Princip .....	10
1.2 Rozdělení vysavačů.....	11
1.2.1 Dělení vysavačů podle konstrukce .....	11
1.2.2 Dělení vysavačů podle zachycování nečistot.....	16
1.2.3 Dělení vysavačů podle druhu použití.....	19
1.2.4 Dělení vysavačů podle způsobu použití.....	21
1.3 Druhy nástavců.....	22
1.4 Druhy redukcí.....	23
2 CHARAKTERISTIKA A ROZBOR APLIKOVANÉHO MATERIÁLU (MATERIÁLY PRO 3D TISK).....	25
2.1 Materiály pro 3D tisk.....	25
2.1.1 Aplikovaný materiál ABSplus .....	25
2.1.2 Materiál ABS .....	26
2.1.3 Materiál PLA .....	27
2.1.4 Materiál HIPS .....	28
2.1.5 Materiál PVA.....	29
2.1.6 Nylon .....	29
2.2 Porovnání vlastností uvedených materiálů .....	30
3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST (KONSTRUKCE A VÝROBA PROTOTYPU REDUKCE) .....	33
3.1 Návrh a konstrukce prototypu.....	33
3.1.1 Modelování v programu Autodesk Inventor .....	34
3.2 Příprava modelu pro tisk.....	35
3.2.1 Export do formátu STL.....	35
3.2.2 Vytvoření a poslání programu do 3D tiskárny uPrint.....	36
3.3 Tisk modelu .....	40
3.4 Postprocessing .....	42
4 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ .....	45

4.1 Technické zhodnocení zhotovené součásti .....	45
4.2 Ekonomické zhodnocení zhotovené součásti .....	46
5 DISKUZE – NÁVRH NÁSTAVCŮ (REDUKCÍ) .....	49
ZÁVĚR .....	50
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	51
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....	53
SEZNAM PŘÍLOH.....	54



## ÚVOD

Počátky výroby vysavačů se dají najít už na přelomu 19. a 20. století, avšak tyto vysavače se neshledaly s obdivem. Hlavní problém byl, že tyto vysavače místo toho, aby prach vysávaly, tak ho vířily. S pokrokem v oblasti vysavačů přišel až Herbert C. Booth. Tento vysavač vzduch nasával pístovým zařízením do plátěného vaku. Přístroj si nechal v roce 1901 patentovat. Mezi jeho nevýhody patřila hlučnost, neboť byl poháněn benzínovým motorem umístěným na koňském povozu [1, 25, 26].

Myšlenky na moderní vysavač v podobě tak, jak ho známe dnes, se zrodily ve Vídni v roce 1908. Byl to právě švédský obchodník a vynálezce Axel Wenner – Green, který v roce 1912 sestrojil vysavač poháněný elektromotorem. Pro vysávání vzduchu byl použit turbínový ventilátor, který tlačil vzduch přes filtrační pytel. V roce 1912 Axel Wenner – Green založil firmu pod názvem Electromechanic AG (později přejmenovanou na AB Elektrolux). Prvním výrobkem této firmy byl produkt označovaný jako LUX1. Tento produkt dal vzniknout pojmu luxování, používaného až do dnešní doby [1, 25, 26].

V této práci se autor zabývá návrhem a výrobou součástí k vysavači s využitím technologie Rapid Prototyping (RP). Tato technologie patří v dnešní době k velmi oblíbeným metodám výroby prototypů. Metoda je také vhodná pro výrobu dílů určených pro renovaci součástí, které se už neprodávají nebo nejsou k dostání jako samostatný díl.



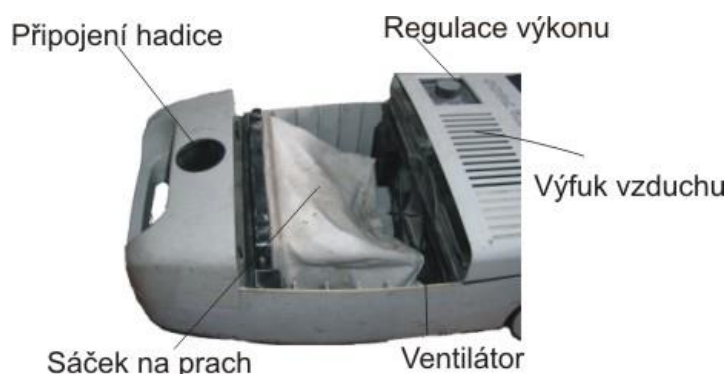
Obr. 1 Novodobý vysavač LUX 1 [25].

## 1 TEORETICKÁ ČÁST

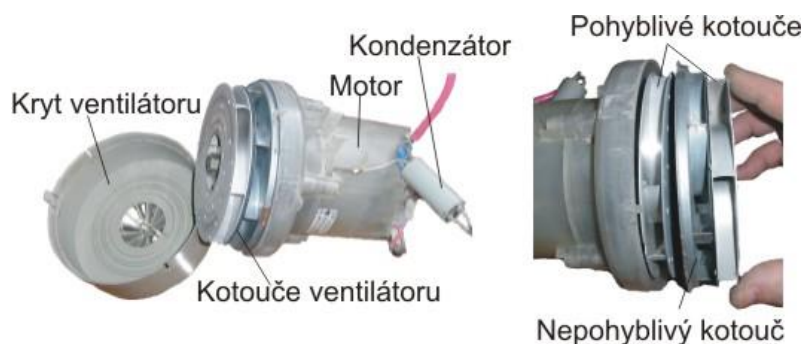
Vlivem opakovaných rázů při vysávání je plastová redukce dynamicky namáhána a dochází ke vzniku trhlin, až dojde k lomu. Nejčastěji k lomu dojde na přechodu mezi dvěma rozměry. Plastová redukce tvoří přechod mezi teleskopickou sací trubicí a podlahovou hubicí. Pokud dojde k porušení této redukce, dochází k přísávání vzduchu okolo redukce. Vlivem přísávání dochází ke ztrátě sací síly a snížení účinnosti vysavače.

### 1.1 Princip

Vysavač je tvořen hadicí s koncovkou, přes kterou se nasává vzduch spolu s nečistotami (prach). Hlavní částí vysavače je ventilátor poháněný elektromotorem, který nasává nečistoty do sběrného sáčku (viz obr. 1.1). Ventilátor se skládá ze tří částí. Je tvořen dvěma kotouči, které rotují a třetím statickým kotoučem (viz obr. 1.2). Do ventilátoru vstupuje vzduch úzkým otvorem. Rotující kotouč roztočí vstupující vzduch. Vlivem rotace na vzduch působí odstředivá síla, která tlačí vzduch do stran. Takto vzniká ve středu kotouče nižší tlak než na jeho obvodu. Vzduch je následně usměrněn drážkami uvnitř statického kotouče tak, aby vstupoval do druhého rotujícího kotouče malým otvorem v jeho středu. Proces se ještě jednou opakuje. Vlivem toho, že tlak vzduchu uvnitř ventilátoru je menší, než je tlak atmosférický, dochází k nasávání okolního vzduchu [1, 3].



Obr. 1.1 Pohled do vysavače [1].



Obr. 1.2 Ventilátor vysavače [1].

Vzduch s nečistotami je nasáván přes podlahovou hubici (viz obr. 1.3), která je v kontaktu s podložkou. Tato hubice může být vybavena čistícími kartáči, které napomáhají při sběru nečistot. Hubice může být nahrazena různými druhy nástavců, které jsou určeny pro odlišné úkony, např.: čištění úzkých prostorů (viz obr. 1.6) a čištění různých druhů povrchů (viz obr. 1.5). Následně je vzduch nasáván přes plastovou redukci, která spojuje sací hadici (viz obr. 1.4) a podlahovou hubici [1, 3].



Obr. 1.3 Podlahová hubice vysavače [2].



Obr. 1.4 Sestava sací hadice vysavače [2].



Obr. 1.5 Hubice na tvrdé podlahy [2].



Obr. 1.6 Štěrbínová hubice pro vysavač [2].

## 1.2 Rozdělení vysavačů

Jednotlivé typy vysavačů se dělí podle těchto parametrů: podle typu konstrukce, způsobu zachycování nečistot, druhu použití a způsobu použití.

### 1.2.1 Dělení vysavačů podle konstrukce

- podlahové vysavače,
- stojanové vysavače,
- tyčové vysavače,
- ruční vysavače,
- robotické vysavače,
- centrální vysavače.

**Podlahové vysavače:**

Tento typ vysavače je typický tím, že sací hadice s hubicí jsou samostatné a jsou odnímatelné od vlastní nádoby vysavače (viz obr. 1.7). Při vysávání tedy dochází k pohybu hadice s podlahovou hubicí a vlastní nádoba vysavače se nepohybuje. K pohybu nádoby vysavače dochází, pokud hadice nedostane na zvolené místo [3, 4, 7].

**Výhody:**

- snadná manipulace,
- vhodné i pro čištění tvrdých typů podlah,
- nízká hlučnost okolo 65 dB,
- nízká hmotnost zařízení při vysávání (hadice od 0,5 do 1 kg, podlahová hubice + teleskopická trubice od 1,5 do 2 kg) [3, 4, 7].

**Nevýhody:**

- nejsou tak skladné jako tyčové vysavače,
- špatná manipulace s celým zařízením [3, 4, 7].



Obr. 1.7 Podlahový vysavač [4].

**Stojanové vysavače:**

Typickým znakem stojanových vysavačů je orientace svislým směrem (viz obr. 1.8). Sací motor, sběrný prostor, hadice a hubice tvoří celek. Při vysávání dochází k pohybu celého zařízení [3, 4, 7].

**Výhody:**

- vybavenost rotačním kartáčem,
- skladovatelnost,
- snadná manipulace (nemusí se posunovat se sběrnou nádobou jako u podlahového vysavače) [3, 4, 7].

**Nevýhody:**

- vyšší cena cca od 10 000 Kč do cca 17 000 Kč,
- menší akční rádius než u podlahového vysavače [3, 4, 7].



Obr. 1.8 Stojanový vysavač [4].

**Tyčové vysavače:**

Jsou to odlehčené verze stojanových vysavačů a napájejí se z akumulátorových baterií (viz obr. 1.9). Neplní funkci plnohodnotného vysavače, ale slouží jako doplněk k předchozím typům vysavačů [3, 4, 7].

**Výhody:**

- nízká hmotnost (4 až 8 kg),
- snadná manipulace,
- nemají napájecí kabel (neomezený akční rádius) [3, 4, 7].

**Nevýhody:**

- nejsou tak skladné jako tyčové vysavače,
- omezená doba provozu (10 až 20 minut), poté se musí opět baterie nabít,
- nižší výkon a kapacita nádoby na prach (řádově o polovinu, než má stojanový vysavač) [3, 4, 7].



Obr. 1.9 Tyčový vysavač [5].

**Ruční vysavače:**

Neplní funkci plnohodnotného vysavače, ale slouží jako doplněk k předchozím typům vysavačů. Je vhodný pro těžko dostupná místa [3, 4].

**Výhody:**

- nízká hmotnost (2 až 4 kg),
- snadná manipulace,
- nemají napájecí kabel (viz obr. 1.10) (neomezený akční rádius) [3, 4].

**Nevýhody:**

- vhodné pro malé nečistoty,
- omezená doba provozu (10 až 20 minut), poté se musí opět baterie nabít,
- nižší výkon a kapacita nádoby na prach (řádově o polovinu, než má tyčový vysavač) [3, 4].



Obr. 1.10 Ruční cyklonový vysavač [7].

**Robotické vysavače:**

Vyznačují se snadnou, prakticky nulovou obsluhou. Vysavač stačí pouze položit do místnosti, která se bude vysávat a zapnout. Je vhodný pro pravidelné vysávání povrchu, ale není dokonalou náhradou za stojanové nebo podlahové vysavače. Vysavač může být vybaven řadou funkcí např.: dálkovým ovládáním, zapínáním přes telefon, systémem proti zamotání do trásní nebo do kabelů a systémem, který zabraňuje pádu ze schodů. Pohyb robotického vysavače není náhodný, ale s využitím senzorů a softwaru zajišťuje několikanásobné čištění celé místnosti, a to i v případě, že dojde ke změně polohy nábytku [3, 4].

**Výhody:**

- není nutná obsluha,
- vysavač je možno naprogramovat tak, že vysává v době nepřítomnosti osob,
- napájí se baterií a vysavač je naprogramován tak, že se automaticky dobíjí [3, 4].

**Nevýhody:**

- malý výkon, čištění s malou účinností,
- nelze vysávat úzké prostory (viz obr. 1.11),
- vyšší pořizovací cena (10 000 až 30 000 Kč) [3, 4].



Obr. 1.11 Robotický vysavač [4].

**Centrální vysavače:**

Hlavní znak centrálního vysavače je, že vysavač může být staticky umístěn mimo obytný prostor např.: v garáži nebo ve sklepě. Od vysavače jsou po domě vedeny rozvody do jednotlivých místností nebo podlaží domu dle přání zákazníka (viz obr. 1.12). Rozvody jsou ukončeny zásuvkami, které slouží k připojení hadice. Hadice má takovou délku, aby dosáhla do nejvzdálenějších míst. Konvenční délka hadice je 6 m, ale je možné hadice napojovat, což je výhodné při manipulaci, protože dlouhá hadice během úklidu je nevhodná [3, 4].

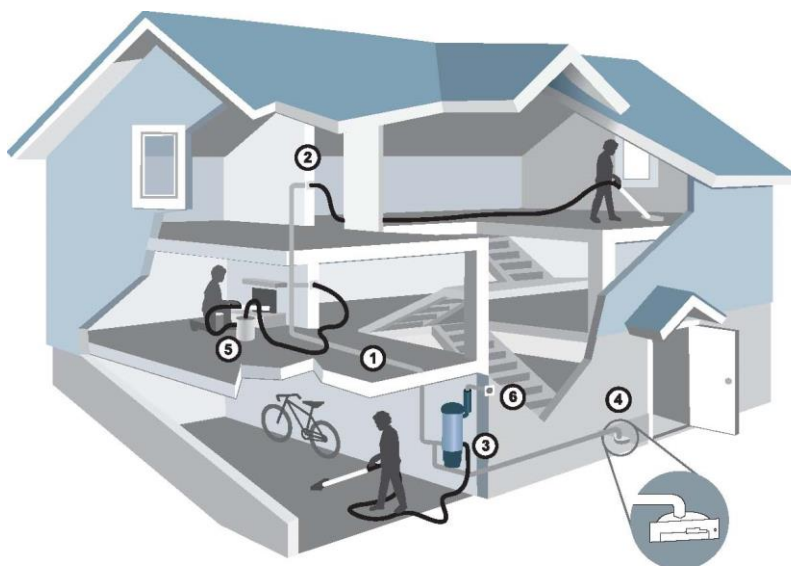


**Výhody:**

- odpadá manipulace se sběrnou nádobou,
- tichý chod, sběrná nádoba a motor jsou umístěny mimo obytnou část,
- vysoký výkon, hodnota výkonu je srovnatelná s průmyslovými vysavači,
- nedochází k víření prachu, protože vzduch z centrálního vysavače je odváděn přes vzduchový filtr do venkovního prostoru, a proto je vhodný zejména pro alergiky,
- vyprazdňování sběrné nádoby dvakrát ročně [3, 4].

**Nevýhody:**

- vysoká pořizovací cena (okolo 40 000 Kč),
- instalace rozvodů po domě, jsou nutné stavební úpravy [3, 4].



Obr. 1.12 Centrální vysavač [6].

**1.2.2 Dělení vysavačů podle zachycování nečistot**

- sáčkové vysavače,
- vodní vysavače,
- cyklonové vysavače.



**Sáčkové vysavače:**

Sáčkové vysavače jsou nejrozšířenějším typem domácích vysavačů. Sáček plní dvě funkce: slouží ke shromažďování nečistot a plní funkci vzduchového filtru, kterým je vzduch nasáván. Nečistoty se zachytí v sáčku a ven odchází vzduch bez nečistot. Mezi nejpoužívanější sáčky patří papírové sáčky. Nevýhoda těchto sáčků spočívá v jejich rychlém zanešení, čímž dochází ke snížení sacího výkonu vysavače. Papírové sáčky jsou také náchylné na protržení ostrým předmětem. Dalším typem sáčků jsou textilní sáčky. Tyto sáčky jsou antibakteriální, a proto jsou doporučeny pro alergiky [3, 4, 8].

**Výhody:**

- dlouhá životnost sáčků (v řádech několika týdnů),
- menší rozměry vysavače [3, 4].

**Nevýhody:**

- při manipulaci se sáčkem může docházet k rozvíření prachu,
- nutná pravidelná výměna sáčku,
- s rostoucím objemem nečistot v sáčku klesá sací výkon vysavače [3, 4].

**Vodní vysavače:**

U vysavačů s vodním filtrem dochází k nasávání vzduchu s nečistotami přes nádobu s vodou, kde se odloučí (viz obr. 1.13). Nečistoty se zachytí v kapalině. Protože vysavač pracuje na principu mokrého filtru, může nasávat vodu, bláto a jiné mokré nečistoty [3, 4].

**Výhody:**

- kvalitnější filtrace vzduchu oproti sáčkovým vysavačům,
- vodní filtr plní funkci zvlhčovače vzduchu,
- nedochází k poklesu výkonu při zaplnění nádoby,
- při nechtěném nasátí předmětu není potřeba rozřezávat sáček [3, 4].

**Nevýhody:**

- vysavače jsou dvakrát těžší a větší než sáčkové vysavače,
- nutnost měnit vodu při dlouhodobém vysávání,
- po ukončení činnosti je potřeba vyprázdnit nádobu na vodu a vyčistit ji [3, 4].



Obr. 1.13 Vodní vysavač [3].

### **Cyklonové vysavače:**

U tohoto typu vysavače dochází k odlučování nečistot vlivem odstředivých sil, které na nečistoty působí uvnitř nádoby. Odstředivá síla způsobí, že prach a nečistoty jsou odstředěny do sběrné nádoby (viz obr. 1.14). Následně se vzduch dočišťuje ve výstupním filtru, který je umístěn za cyklonovou komorou. Tento způsob může být umístěn jak na tyčových vysavačích, tak na podlahových vysavačích [3, 4, 8].

#### **Výhody:**

- cyklonová technologie s výstupním filtrem zajišťuje kvalitní filtraci výstupního vzduchu,
- proto je vhodný pro osoby s problémy horních dýchacích cest,
- stálost sacího výkonu,
- provoz bez výměny sáčků [3, 4, 8].

#### **Nevýhody:**

- po skončení vysávání je nutné vyprázdnit sběrnou nádobu,
- výměna výstupních filtrů nejméně jednou ročně [3, 4, 8].



Obr. 1.14 Cyklonový vysavač [7].

### 1.2.3 Dělení vysavačů podle druhu použití

- domácí (viz kapitoly 1.2.1 a 1.2.2),
- průmyslové,
- krbové.

#### **Průmyslové vysavače:**

Průmyslové vysavače se od domácích vysavačů odlišují sacím výkonem, celkovou konstrukcí (viz obr. 1.15), filtrací a funkcemi, kterými je průmyslový vysavač vybaven. Průmyslové vysavače jsou opatřeny robustnější konstrukcí. Filtrace u průmyslových vysavačů je výkonnější a vystupující vzduch je čistější než u domácích vysavačů [8, 9].

Druhy pohonu:

- jednofázové sací turbíny s komutátorovým motorem,
- třífázová sací turbína s postranním kanálem,
- pneumatický pohon na stlačený vzduch [8, 9].

Druhy filtru:

- kapsový textilní filtr,
- filtrační kartuše ze skládaného filtračního papíru,
- HEPA filtr [8, 9].

Druhy nádob na nečistoty:

- kovová nádoba na kolečkách vyrobená z ocelového plechu nebo z nerezového plechu,
- plastové jednorázové pytle, které se vloží do plechové nádoby,
- longpack (nekonečný plastový pytel), který se po naplnění uzavře stahovací páskou a odstříhne [8, 9].

Výhody:

- vysoký výkon,
- kvalitnější úklid povrchu,
- lze využít pro odsávání u průmyslových strojů [8, 9].

Nevýhody:

- vysoká hmotnost (od 10 do 50 kg),
- vysoká cena (od 15 000 Kč),
- vysoká hluchnost (od 80 dB) [8, 9].



Obr. 1.15 Průmyslový vysavač [9].

### Krbové vysavače:

Tento typ vysavače je určen k odstranění krbového popela (viz obr. 1.16). Vysavače jsou vybaveny ochranou proti vniku požáru a popálení vnitřku vysavače. Vysavač je vybaven funkcí opačného tahu, tato funkce se především využívá k čištění HEPA filtru [14, 15].

Výhody:

- vysoký tah,
- vysávání hrubších nečistot [14, 15].

Nevýhody:

- vyšší hmotnost (vlivem kovového vnitřku) [14, 15].



Obr. 1.16 Krbový vysavač [14].

#### 1.2.4 Dělení vysavačů podle způsobu použití

- na vysávání pouze suchých nečistot,
- na vysávání suchých nečistot i kapalin,
- parní vysavače,
- vysavače na mokré čištění (tepování, extrakční čištění).

### 1.3 Druhy nástavců

Jako příslušenství k vysavačům slouží různé druhy nástavců (viz obr. 1.17 až 1.24), které jsou určeny pro různé činnosti.



Obr. 1.17 Hubice na matrace [10].



Obr. 1.18 Jemný kartáč na prach [10].



Obr. 1.19 Pružná štěrbinová hubice [10].



Obr. 1.20 Plochá podlahová hubice [10].



Obr. 1.21 Rotační turbokartáč [10].



Obr. 1.22 Tangle free mini turbo kartáč [10].



Obr. 1.23 Pružná štěrbinová hubice [10].



Obr. 1.24 Hubice XAVAX [10].

#### 1.4 Druhy redukcí

Druh redukce závisí na tvaru sací trubice. Prvním druhem jsou trubice oválné nebo trubice tvarově uzpůsobené pro napájení pohonu elektrických rotačních kartáčů [11].

Oválné sací trubice se vyrábějí s průměrem 32 mm nebo 35 mm. V místě, kde dochází k nasazování redukce na hubici (viz obr. 1.26), se trubice zužuje (je kónusová) z průměru 32 mm na 30 mm (viz obr. 1.25) (u trubic s průměrem 35 mm se zužuje na 33 mm) [11].



Obr. 1.25 Oválná sací trubice [11].



Obr. 1.26 Podlahová hubice [11].

Některé typy hubic jsou vybaveny redukcí (viz obr. 1.28). Nasazením redukce lze hubice použít i k jiným průměrům sacích trubic. Nejpoužívanější typ redukce lze použít na sací trubice o průměru 32 mm až 35 mm [11].

Dalším typem je univerzální redukce (viz obr. 1.27), kterou lze použít na trubice o průměru od 28 mm až do 37 mm. Tento typ redukce může být použit na téměř všechny vysavače s oválnou sací trubicí [11].



Obr. 1.27 Univerzální plastová redukce [11].



Obr. 1.28 Plastová redukce [11].



## 2 CHARAKTERISTIKA A ROZBOR APLIKOVANÉHO MATERIÁLU (MATERIÁLY PRO 3D TISK)

Součástí této kapitoly je popis některých druhů materiálů vhodných pro 3D tisk, jsou zde také uvedeny grafické závislosti vlastností materiálů jako je pevnost v tahu, cena materiálu, teplotní stálost a teplota tisku.

### 2.1 Materiály pro 3D tisk

Tato část se zabývá rozbořem materiálů pro 3D tisk.

#### 2.1.1 Aplikovaný materiál *ABSplus*

*ABSplus* neboli akrylonitrilbutadienstyren je varianta materiálu ABS. Jde o amorfni látku ropného původu, která se výhradně uplatňuje v technologii Rapid Prototyping viz aditivní metoda Fused Deposition Modeling (FDM). Tato technologie patří v současnosti k nejrozšířenějším v oblasti 3D tisku.

*ABSplus* se vyznačuje dobrými mechanickými a fyzikálními vlastnostmi (viz tab. 2.1), a proto se používá pro tisk funkčních modelů. V porovnání s materiálem ABS je materiál *ABSplus* o 40 % pevnější (viz obr. 2.1). Mechanické vlastnosti *ABSplus* jsou výhodnější než u ABS, což dovoluje větší přesnost a hladší povrch. Vyznačuje se odolností proti mechanickému poškození, únavě materiálu, chemikáliím, nízkým a vysokým teplotám. Vzhledem k životnímu prostředí se jedná o netoxický a zdravotně nezávadný materiál.

Standardní barvou materiálu *ABSplus* je odstín slonová kost, avšak materiál se vyrábí i v různém barevném provedení, např. v bílém, modrém, oranžovém, žlutém, červeném, černém a šedém. V oblasti barevného odstínu patří *ABSplus* k těm nejlepším materiálům, které jsou používány pro 3D tisk metodou FDM.

Finální součásti a výrobky lze dále povrchově upravovat, např. lakováním a broušením [12, 13, 28].

Tab. 2.1 Mechanické a fyzikální vlastnosti ABS*plus* plastu [12, 13].

Mechanické a fyzikální vlastnosti	ABS <i>plus</i>
Pevnost v tahu	37 MPa
Modul pružnosti při tahovém namáhání	1,92 MPa
Poměrné prodloužení	3,1 %
Pevnost v ohybu	61 MPa
Modul pružnosti v ohybu	1,82 MPa
Minimální tloušťka stěny	1 mm
Minimální vůle	0,4 mm
Teplota tisku	290 °C
Teplota skelného přechodu	108 °C
Teplotní stálost	90 °C
Cena	0,7 Kč/g

### 2.1.2 Materiál ABS

Mezi nejpoužívanější typy materiálu pro 3D tisk metodou FDM patří materiál ABS. ABS je termoplastický kopolymer, který nemá pevnou strukturu ani bod tání a vyrábí se z ropy.

Pro své výhodné vlastnosti (viz tab. 2.2) patří mezi nejoblíbenější materiály pro tisk metodou FDM (viz obr. 2.1). Mezi hlavní přednosti modelu z tohoto materiálu patří: tvrdost, odolnost vůči chemikáliím např.: (kyselina, uhlovodíky, oleje), mechanická odolnost, odolnost proti UV záření, nízkým i vysokým teplotám (viz tab. 2.2) a povětrnostním vlivům. Materiál se také vyznačuje odolností vůči vodě.

Materiál ABS nepatří v oblasti materiálů pro 3D tisk k nejpevnějším materiálům a také je náchylný k deformacím. Z tohoto důvodu se nehodí pro tisk středně velkých a velkých modelů. Další nevýhodou ABS plastu je zápach vznikající při 3D tisku [12, 13, 28].

Tab. 2.2 Mechanické a fyzikální vlastnosti ABS plastu [12, 13, 22].

Mechanické a fyzikální vlastnosti	ABS
Pevnost v tahu	22 MPa
Modul pružnosti při tahovém namáhání	1,62 MPa
Poměrné prodloužení	5,9 %
Pevnost v ohybu	41 MPa
Modul pružnosti v ohybu	1,82 MPa
Minimální tloušťka stěny	1 mm
Minimální vůle	0,4 mm
Teplota tisku	240 °C
Teplota skelného přechodu	108 °C
Teplotní stálost	88 °C
Vrubová houževnatost	12 kJ/m2
Cena	0,5 Kč/g

### 2.1.3 Materiál PLA

PLA (Polylactic acid, česky kyselina polymléčná) je moderním termoplastem, který je vyroben z obnovitelných zdrojů (kukuřičný škrob, cukrová třtina). Materiál je určen pro tisk metodou FDM a patří k nejpoužívanějším materiálům pro 3D tisk (viz obr. 2.1).

Tento materiál nezatěžuje životní prostředí, protože jde o materiál přírodního původu s rychlou ekologickou rozložitelností (během několika měsíců dojde k úplnému rozložení na nezávadné látky). Pevnost tohoto materiálu je více jak dvojnásobná než u materiálu ABS (viz obr. 2.2). PLA je méně houževnatý a pružný, ale vyznačuje se vyšším leskem a odolností proti vysokým teplotám (viz tab. 2.3). Zpracování je snazší a rychlejší než u ABS. Předností tohoto materiálu je minimální rozpínavost při tavení a také odolnost vůči deformacím.

PLA je k dispozici ve velké barevné škále, např.: průhledný, neprůhledný. Po vytisknutí lze materiál upravovat např.: lakovat, vrtat a ručně brousit. PLA nelze brousit strojně kvůli nízké teplotě tání [12, 13, 28].

Tab. 2.3 Mechanické a fyzikální vlastnosti PLA plastu [12, 13].

Mechanické a fyzikální vlastnosti	PLA
Pevnost v tahu	50 MPa
Modul pružnosti při tahovém namáhání	1,62 MPa
Poměrné prodloužení	20 %
Pevnost v ohybu	61 MPa
Modul pružnosti v ohybu	1,82 MPa
Minimální tloušťka stěny	0,8 až 1 mm
Minimální vůle	0,5 mm
Teplota tisku	210 °C
Teplota skelného přechodu	90 °C
Teplotní stálost	65 °C
Cena	0,5 Kč/g

#### 2.1.4 Materiál HIPS

HIPS je termoplast, polystyrén s přidavkem kaučuku. Materiál se hodí pro výrobu podpurných konstrukcí. HIPS je pevný materiál (viz tab. 2.4) s odolností vůči vysokým teplotám, který lze rozpustit pomocí Limonenu [18, 19, 20, 21].

Tab. 2.4 Mechanické a fyzikální vlastnosti HIPS plastu [17, 18].

Mechanické a fyzikální vlastnosti	HIPS
Pevnost v tahu	35 MPa
Teplota tisku	210 °C
Teplota podložky	95 °C
Teplotní stálost	85 °C
Cena	0,6 Kč/g

### 2.1.5 Materiál PVA

PVA neboli polyvinyl alkohol je materiál rozpustný ve vodě. Tento typ materiálu je určen pro tisk metodou FDM. Mezi jeho přednosti patří jednoduchá zpracovatelnost při tisku, kvalita tisku drobných detailů a vysoká pevnost. Jeho nevýhodou je však vysoká cena (viz tab. 2.5) [18, 19, 20, 21].

Tab. 2.5 Mechanické a fyzikální vlastnosti PVA plastu [17, 22].

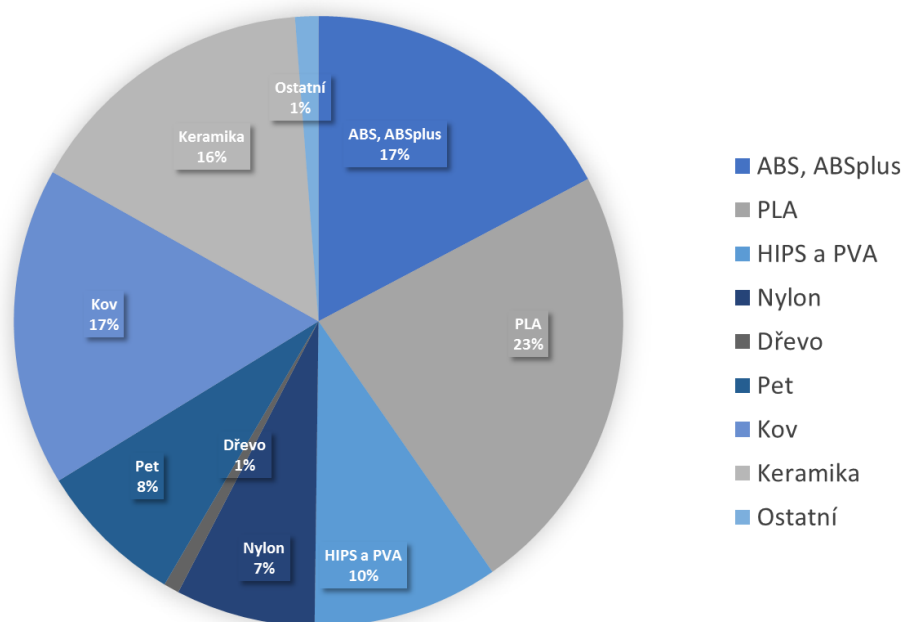
Mechanické a fyzikální vlastnosti	PVA
Pevnost v tahu	78 MPa
Teplota tisku [°C]	210 °C
Teplota podložky	78 °C
Teplotní stálost	115 °C
Cena	2,4 Kč/g

### 2.1.6 Nylon

Nylon je také označován jako PA6 (syntetický polymer, termoplast), který je vyroben z uhlí, vody a vzduchu. Materiál je vhodný pro tisk materiálů, u kterých je vyžadovaná vyšší houževnatost (viz tab. 2.6). Nevýhodou nylonu je, že má špatnou přilnavost k podložce, proto je jeho tisk obtížný a přibližně o polovinu pomalejší než u materiálu ABS [18, 20, 21].

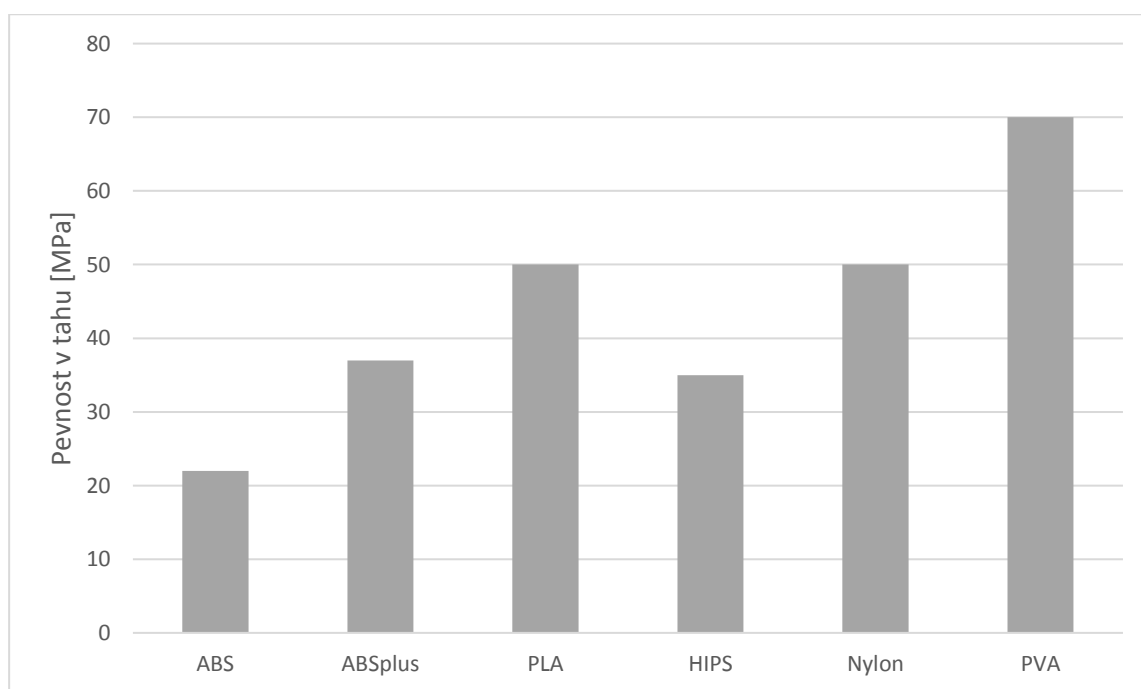
Tab. 2.6 Mechanické a fyzikální vlastnosti nylonu [17, 22].

Mechanické a fyzikální vlastnosti	Nylon
Pevnost v tahu	50 MPa
Teplota tisku [°C]	260 °C
Teplota podložky	100 °C
Teplotní stálost	93 °C
Vrubová houževnatost	35 kJ/m <sup>2</sup>
Cena	1,7 Kč/g



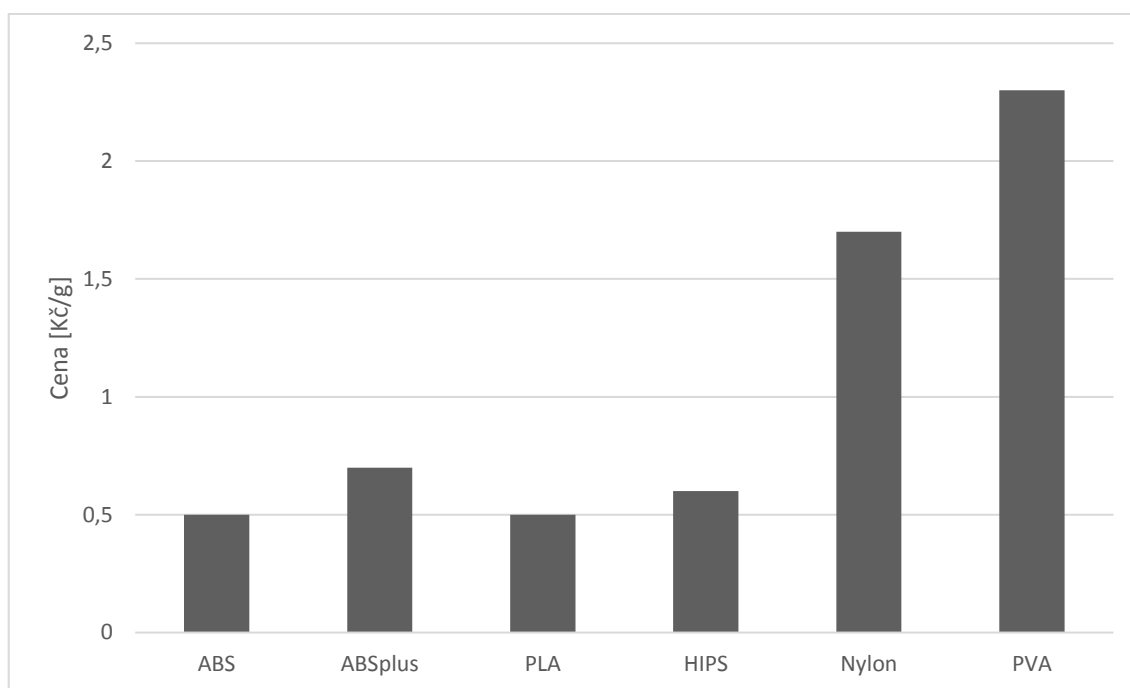
Obr. 2.1 Dělení materiálů dle jejich využití na trhu [16].

## 2.2 Porovnání vlastností uvedených materiálů



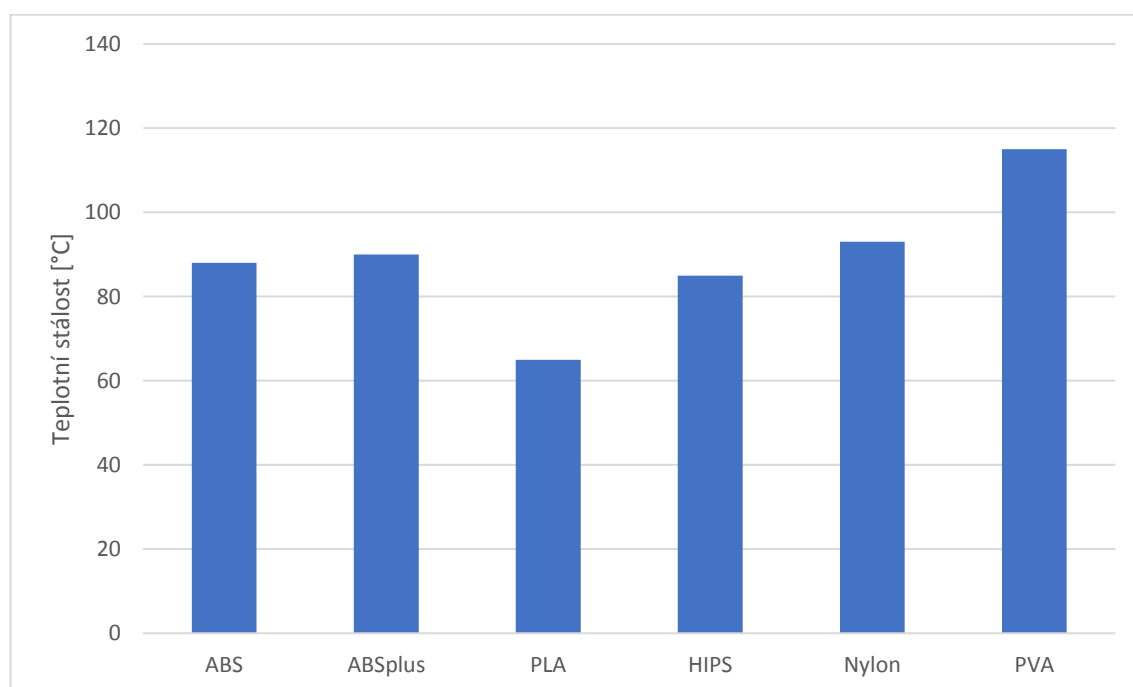
Obr. 2.2 Porovnání materiálů pro 3D tisk dle pevnosti v tahu.

Z této grafické závislosti vyplývá, že nejvyšší pevnost materiálů (viz kap. 2.1) má materiál PVA a nejnižší pevnost v tahu má materiál ABS.



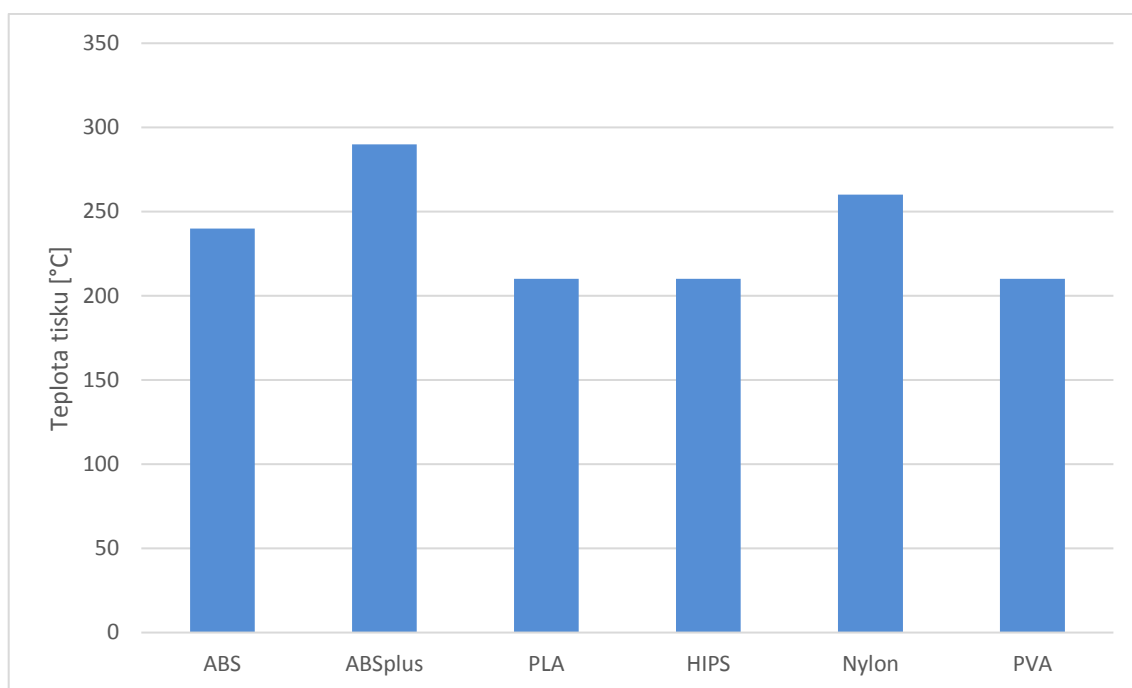
Obr. 2.3 Porovnání materiálů pro 3D tisk dle ceny.

Na této grafické závislosti je zřejmé, že nejvyšší pořizovací cena je u materiálu PVA a naopak nejnižší pořizovací cena je u materiálu ABS a PLA.



Obr. 2.4 Porovnání materiálů pro 3D tisk dle teplotní stálosti.

Nejvyšší teplotní stálostí se vyznačuje materiál PVA a naopak nejmenší materiál PLA.



Obr. 2.5 Porovnání materiálů pro 3D tisk dle teploty tisku.

Z grafické závislosti je patrné, že teplota tisku se u materiálů uvedených v grafické závislosti pohybuje v rozmezí 50 °C, přičemž nejvyšší teplota tisku je u nylonu.



### 3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST (KONSTRUKCE A VÝROBA PROTOTYPU REDUKCE)

V této části se bude autor zabývat konstrukcí a výrobou prototypu plastové redukce.

#### 3.1 Návrh a konstrukce prototypu

Návrh plastové redukce vyplývá z používané součásti, která nevyhověla požadavkům zákazníka. V místě, kde dochází ke spojení redukce a podlahové hubice, došlo vlivem nedostatečného dimenzování stěny plastové redukce k odlomení části osazení (viz obr. 3.1). Toto osazení udržuje redukci v podlahové hubici. Po odlomení došlo ke ztrátě funkce redukce a vysávací ústrojí nebylo dále možné používat. Z důvodu, že se daná součást neprodává samostatně, ale pouze jako komplet s podlahovou hubicí, bylo navrženo řešení vytvořit danou součást technologií 3D tisku.

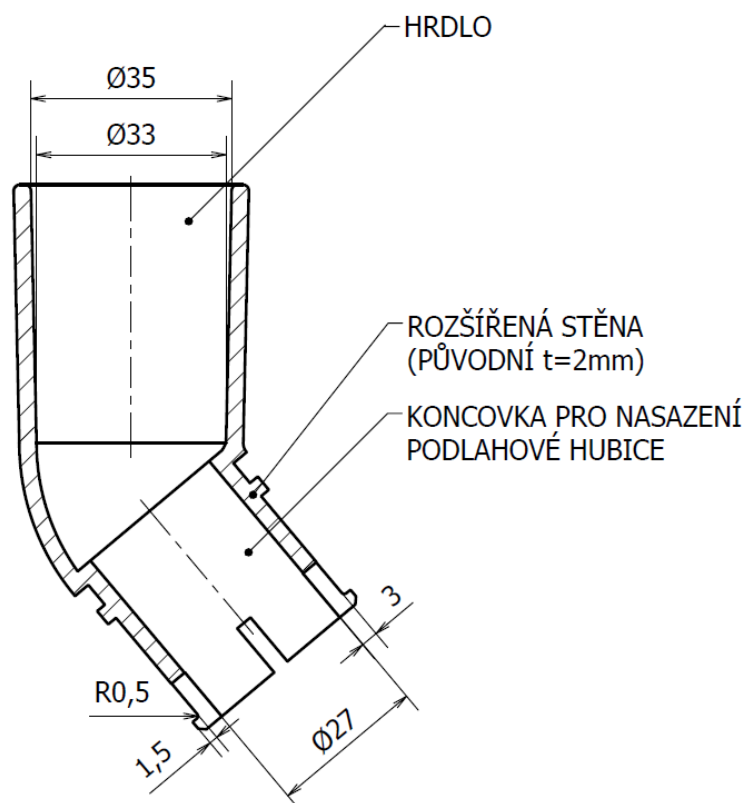


Obr. 3.1 Původní redukce.

Základní rozměry plastové redukce např. průměr hrdla (viz obr. 3.1) v místě nasazování teleskopické trubice byly zachovány, aby daná redukce mohla být nasazena na daný typ vysavače. Další nezbytné rozměry (viz obr. 3.2), které byly zachovány, jsou v místě nasazování podlahové hubice, jinak by nebylo možné danou součást aplikovat na podlahovou redukci.

Ke změně rozměrů došlo především u stěny v části, kde dochází k nasazování podlahové redukce. Původní rozměr stěny 2 mm, byl navýšen o 50 % tj. 3 mm. Byla zvážena možnost navýšení i o 100 %, ale došlo by k velkému snížení sacího průměru (z 29 mm na 25 mm), proto bylo zvoleno navýšení o 50 % na průměr 27 mm (viz obr. 3.2). K další změně došlo v oblasti přechodu osazení, kde byl navrhnout rádius  $R\ 0,5\text{ mm}$  (viz obr. 3.2). Pro snížení napětí v tomto místě by bylo vhodné, aby hodnota rádiusu nabývala větších hodnot. Jelikož

však osazení měří pouze 1,5 mm (viz obr. 3.2), a proto nelze hodnotu rádiusu zvýšit. Aby nedošlo ke snížení dosedací plochy, byla zvolena hodnota rádiusu R0,5 mm. Tento rádius způsobí, že v místě přechodu osazení nebude ostrá hrana (iniciátor vrubu) a dojde ke snížení napětí.



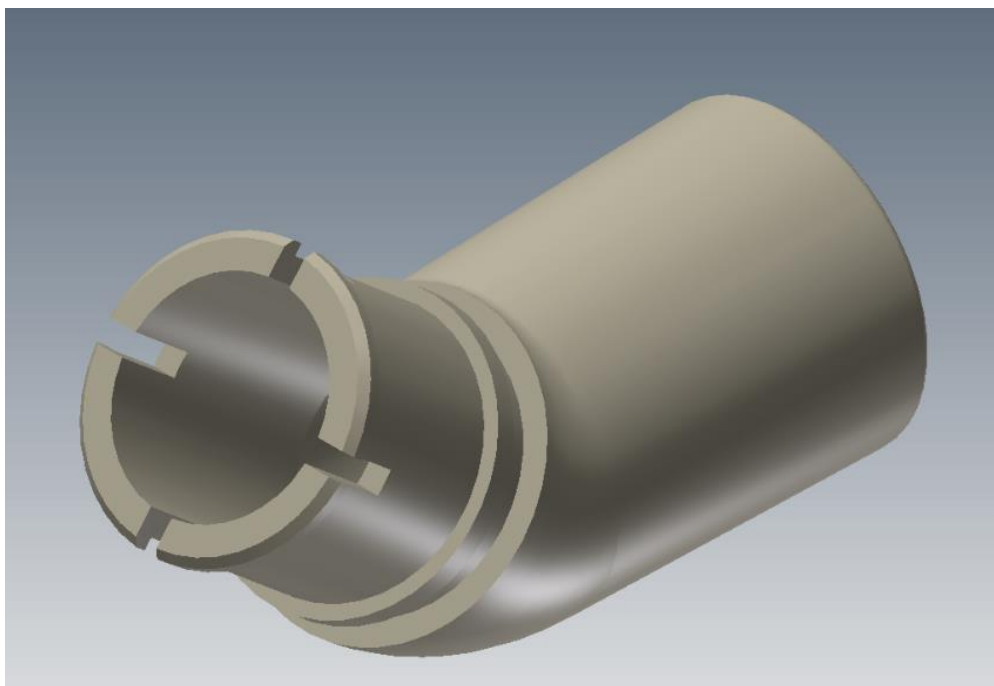
Obr. 3.2 Schématické znázornění redukce.

### 3.1.1 Modelování v programu Autodesk Inventor

Model redukce (viz obr. 3.3) byl vymodelován v 3D parametrickém programu Autodesk Inventor. Během modelování se vyskytlo několik problémů. Jedním z prvních problémů, které byly řešeny, byl tvar hrdla. Hrdlo je tvarováno do kužele tak, aby docházelo k samosvornosti mezi redukcí a teleskopickou trubicí. Rozměry byly převzaty z původní plastové redukce, avšak musely být poupraveny, protože vlivem používání došlo k opotřebení (naměřené rozměry Ø34,9 mm a Ø32,7 mm). Tato úprava byla nutná vzhledem k dalšímu používání vysavače, jinak by mohlo dojít ke ztrátě samosvornosti a redukce by se nespojila s teleskopickou trubicí.

Dalším problémem bylo napojení hrdla a koncovky tak, aby nedošlo ke vzniku nespojitosti. Nespojitost by zapříčinila nedokonalé propojení, čímž by došlo k rozpadu součásti. Na tento problém byla použita funkce *Tažení*, která je v programu nabízena. Tato funkce umožňuje tažení libovolného průřezu po libovolně zvolené dráze. Po aplikaci na tuto součást bylo usouzeno, že tato úprava je vyhovující.

Další postup modelování se už obešel bez větších problémů.



Obr. 3.3 Model plastové redukce.

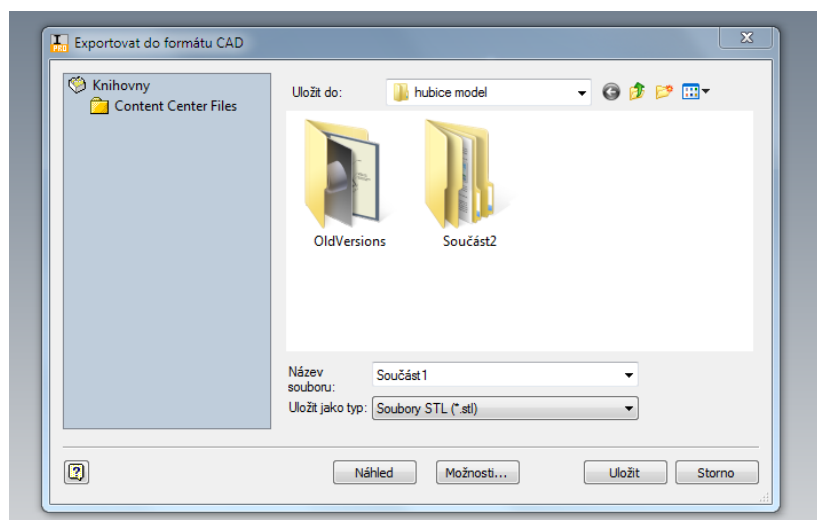
### 3.2 Příprava modelu pro tisk

V této části jsou detailně popsány jednotlivé operace např.: export do formátu STL, 3D tisk a postprocessing, které vedly k výrobě plastové redukce.

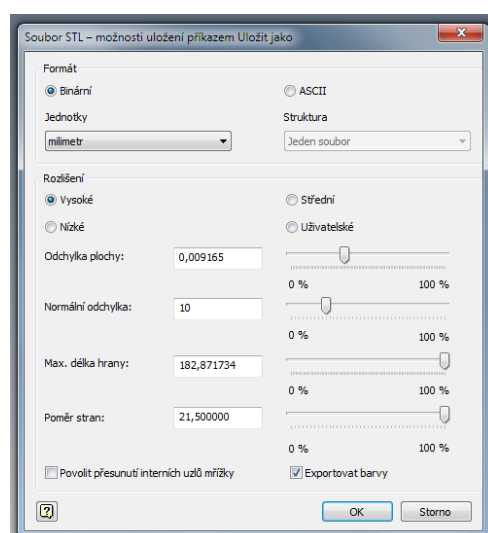
#### 3.2.1 Export do formátu STL

Zkratka STL pochází z nejstarší technologie 3D tisku nazývaná jako Stereolitografie. Soubor tvoří třírozměrnou povrchovou geometrii modelu. Kvalita dat vzniklých při exportování do formátu STL přímo ovlivňuje kvalitu vzniklého produktu. Formát STL je používán především pro export dat z 3D modelových programů do 3D tiskáren [23, 24].

V programu Autodesk Inventor je převod do souboru prováděn v záložce exportovat – formát CAD. Následně se na obrazovce objeví dialogové okno (viz obr. 3.4). V tomto dialogovém okně v záložce „Uložit jako typ“ jsou vybrány soubory STL. Ve spodní části tohoto okna je záložka možnosti (viz obr. 3.5), tato záložka umožňuje změnit určité parametry např. formát, rozlišení, jednotky. V tomto případě konstruktér zvolil formát binární, jednotky milimetry a rozlišení vysoké. Poté stačí soubor uložit.



Obr. 3.4 Dialogové okno.



Obr. 3.5 Záložka možnosti.

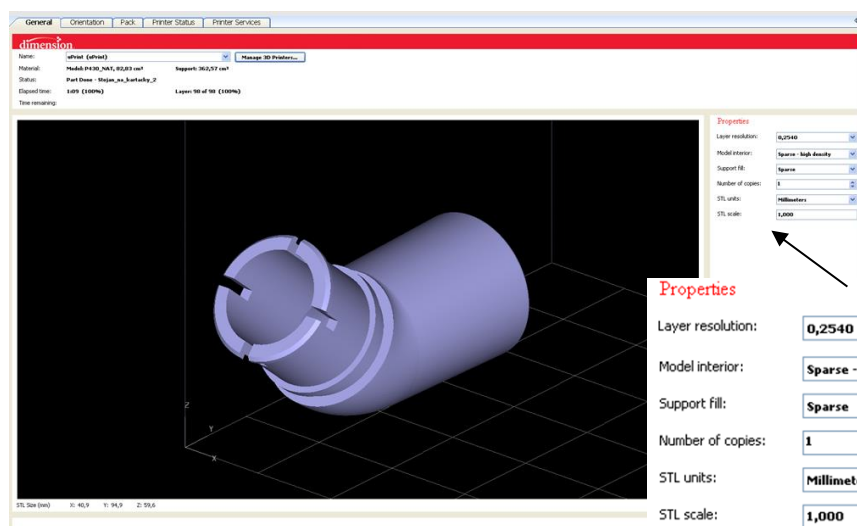
### 3.2.2 Vytvoření a poslání programu do 3D tiskárny uPrint

V programu CatalystEX verze 4.0.1 byla připravena data, která byla následně poslána do 3D tiskárny uPrint. Program CatalystEX slouží k nastavení výchozích parametrů tisku.

#### Postup: 1) Záložka General:

Prvním krokem je nahrání modelu do programu. Po načtení modelu se nastaví vpravo základní vlastnosti (viz obr. 3.6). První vlastností je tloušťka vrstvy, zde byla zvolena tloušťka 0,254 mm (viz obr. 3.6). Tato hodnota vychází z možností 3D tiskárny. Další vlastností je hustota plnění, bylo vybráno *Sparse* plnění (viz obr. 3.6). Následující vlastností je hustota plnění podpor, pro tento model byla vybrána řídká hustota plnění (viz obr. 3.6). Tato možnost byla vybrána v závislosti na ceně modelu. Nevýhodou řídkého plnění je,

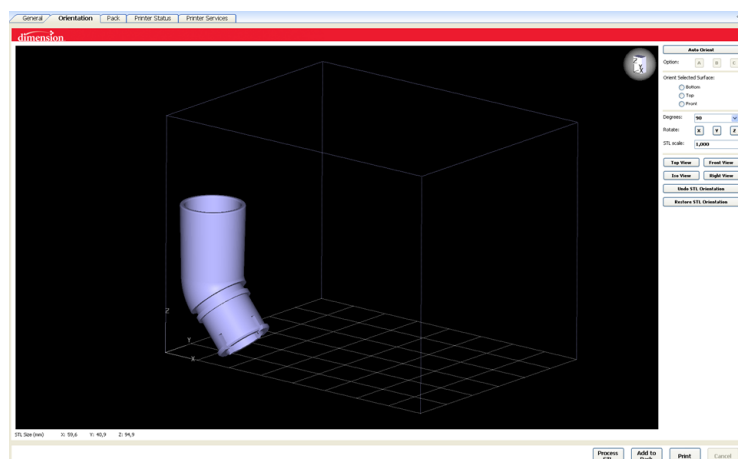
že může dojít ke zhoršení funkčních vlastností kvůli nedostatečným podporám. Tato možnost byla zvážena a po konzultaci bylo usouzeno, že kvalita tisku bude dostačující. Dalšími vlastnostmi, které lze zvolit, jsou jednotky [mm] a počet kopií - 1.



Obr. 3.6 Záložka *General* [29].

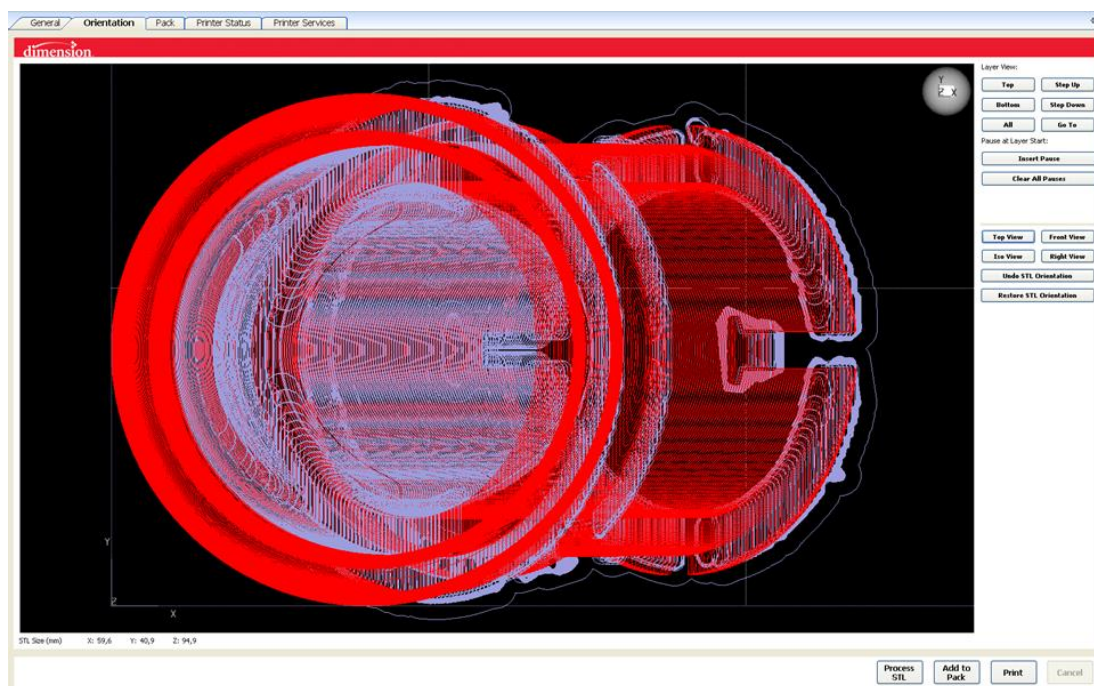
## 2) Záložka *Orientation*:

Tato záložka slouží ke stanovení orientace modelu. Orientace modelu má velký vliv na cenu, kvalitu, způsob zatížení a rychlost tisku. Orientace modelu může být zvolena různými způsoby: automaticky tlačítkem *Auto Orient*, souřadnicovými osami X, Y, Z nebo zadáním úhlu (viz obr. 3.7). Správnou orientací lze ušetřit podpurný materiál, což má vliv i na celkovou cenu dílu. Model je také vhodné orientovat tak, aby výsledné zatížení součásti bylo v rovině kolmé na rovinu tisku, protože v tomto směru jsou nejlepší mechanické vlastnosti, tedy nejvyšší pevnost. Je nutné najít vyváženost mezi cenou a kvalitou modelu tak, aby bylo vyhověno cenovým požadavkům zákazníka a zároveň měl výrobek požadovanou pevnost.

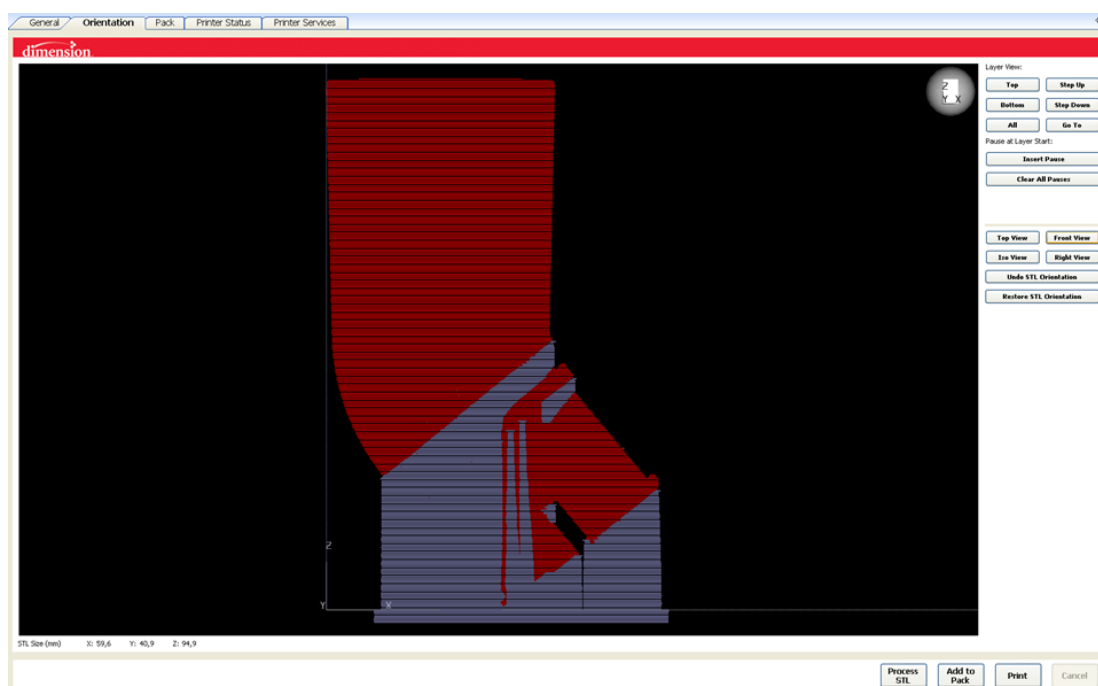


Obr. 3.7 Záložka *Orientation* [29].

V záložce *Orientation* se lze podívat na jednotlivé řezy, ve kterých jsou znázorněny jednotlivé vrstvy tisku (viz obr. 3.8 a 3.9) po kterých, se bude součást tisknout. Červená barva znázorňuje modelovací materiál a šedá barva podpůrný materiál.



Obr. 3.8 Záložka *Orientation* pohled na součást v půdorysu [29].

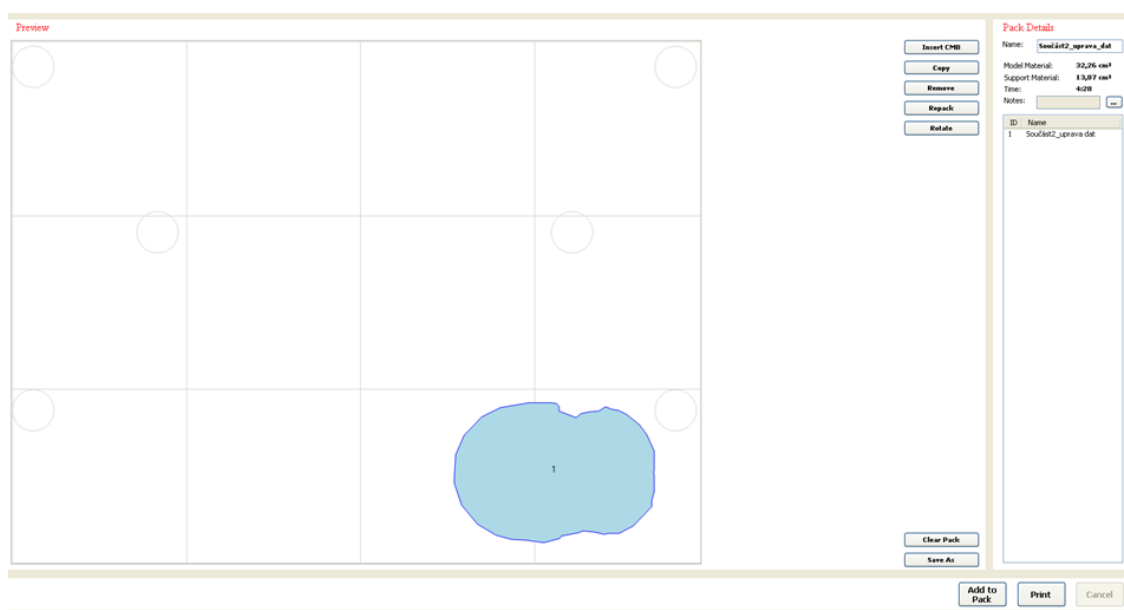


Obr. 3.9 Záložka *Orientation* pohled na součást v bokorysu [29].

### 3) Záložka Pack:

Následujícím krokem je umístění modelu na podložku, které se provede s využitím tlačítka *Add to Pack*. Dojde k nahrání modelu a na obrazovce se zobrazí půdorys součásti (viz obr. 3.10). Součást lze umístit do libovolného místa na podložce, je ale potřeba zajistit dostatečný odstup od kraje podložky. Je také vhodné umístit model do místa co nejbližší k tiskové hlavě, protože se tím může výrazně zkrátit doba tisku.

V pravém horním rohu záložky *Pack* jsou umístěny detaily spojené s tiskem modelu (viz obr. 3.11). Zde lze odečíst objemy modelovacího materiálu, podpůrného materiálu a dobu tisku.



Obr. 3.10 Záložka *Pack* [29].

### Pack Details

Name: **Součást2\_uprava\_dat**

Model Material: **32,26 cm<sup>3</sup>**

Support Material: **13,87 cm<sup>3</sup>**

Time: **4:28**

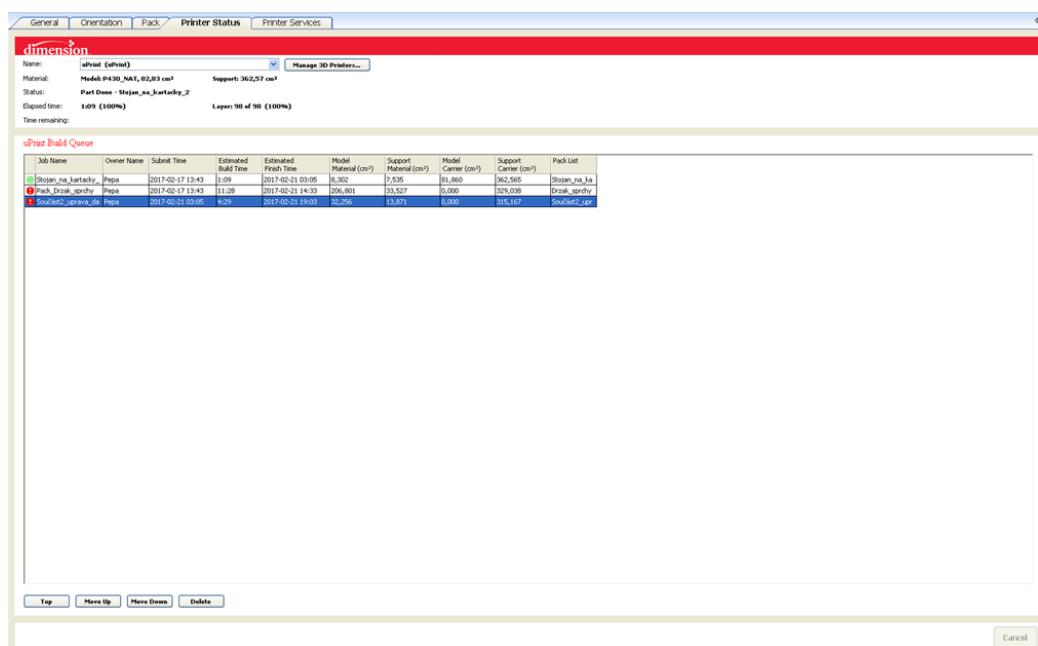
Notes:

Obr. 3.11 Pohled na detaily spojené s tiskem modelu [29].



#### 4) Záložka *Printer Status*:

Záložka *Printer Status* obsahuje tabulku tiskových úloh. Pořadí úloh lze přizpůsobit podle potřeby. Jsou zde také zobrazeny základní údaje jako délka tisku, datum zadání úlohy, množství modelovacího a podpurného materiálu potřebného na tisk (viz obr. 3.12). Program CatalystEX je vybaven funkcí, která automaticky porovná množství potřebného materiálu na tisk a materiálu v zásobníku. Pokud v tiskárně není dostatečné množství materiálu, program upozorní prostřednictvím červeného vykřičníku u dané součásti (viz obr. 3.12).



Obr. 3.12 Záložka *Printer Status* [29].

### 3.3 Tisk modelu

Tisk modelu byl zhotoven na 3D tiskárně uPrint 3D Printer od firmy Stratasys (viz obr. 3.13). Tato tiskárna se používá pro tisk patentovanou technologií FDM. Mezi její přednosti patří vysoká přesnost tisku výrobků z materiálů *ABSplus*, rozměrová stabilita vyrobených dílů a chemická a tepelná odolnost (viz tab. 2.1). Tiskárna byla uvedena na trh v roce 2012. Vyznačuje se nízkými provozními náklady a proces tisku je velmi čistý a netoxický [27].

Základní technické parametry tiskárny uPrint 3D Printer:

- velikost modelovacího prostoru 203 x 152 x 152 mm,
- tloušťka vlákna 0,254 mm,
- tisk materiál *ABSplus* ve slonovinové barvě,
- napájecí zařízení 230 V/ 50 Hz [27].

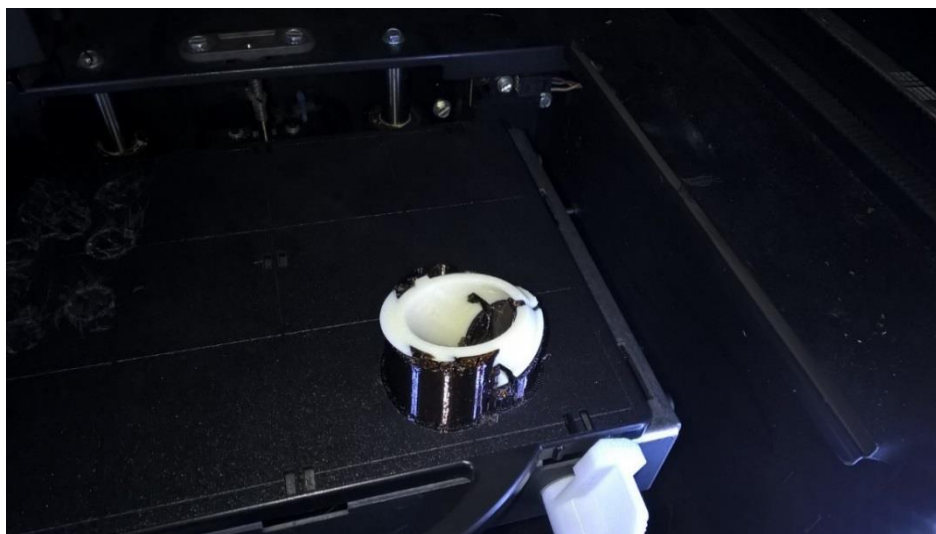




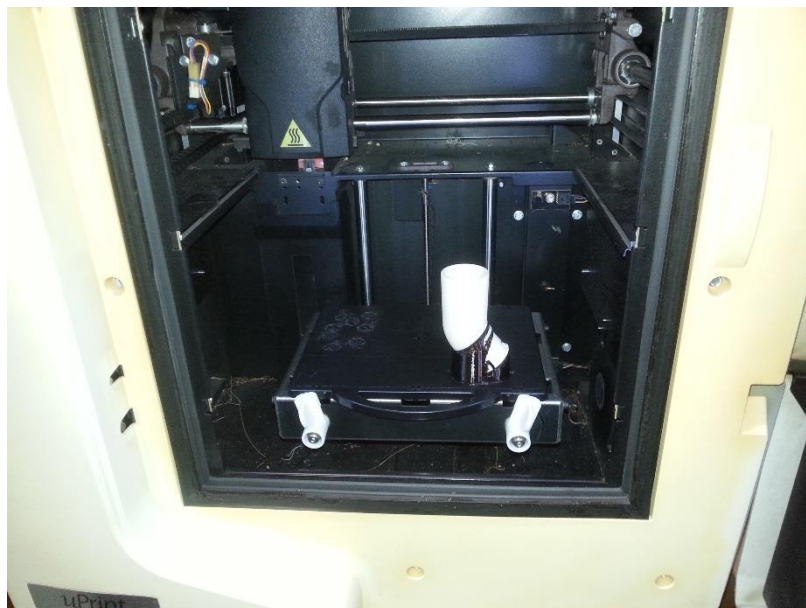
Obr. 3.13 3D tiskárna uPrint 3D Printer od firmy Stratasys.

Tiskárna je propojena přes síť, ze které lze soubor nahrát z kteréhokoliv počítače připojeného k síti. Zahájení tisku musí být nejprve potvrzeno manuálně přímo na tiskárně a teprve po potvrzení může tiskárna zahájit tisk výrobku. První částí tiskové operace je předehřev tiskové hlavy na teplotu 293 °C a ohřev pracovní komory na teplotu 75 °C. Po dokončení předehřevu tiskové hlavy a pracovní komory následuje tisk podkladových podpor, které slouží jako základna pro daný model. Podkladové podpory umožní snadnější odejmutí hotového modelu ze stavěcí podložky a slouží také k zafixování výrobku v průběhu tisku. Po dokončení tisku podkladové podpory následuje tisk modelu po jednotlivých vrstvách (viz obr. 3.14 a 3.15). Tato operace může trvat řádově několik hodin až několik dnů, záleží na velikosti a tvaru součásti.

Bližší informace o čase tisku, použitém materiálu plastové redukce (viz obr. 3.11).



Obr. 3.14 Průběh tisku plastové redukce.



Obr. 3.15 Pracovní prostor tiskárny s modelem plastové redukce.



Obr. 3.16 Plastová redukce po dokončení tisku.

### 3.4 Postprocessing

Prvním krokem po dokončení tisku je vyjmutí modelu společně s podložkou (viz obr. 3.16) z tiskárny. Poté se výrobek odloupne od podložky (pokud lze, tak pomocí rukou, případně lze použít jiných prostředků jako kleště atd.).

Dalším krokem je zbavení se podpůrného materiálu, který byl vytisknut v průběhu procesu a sloužil jako opora, která zabraňovala zborcení výrobku. Odstranění podpůrného materiálu se provádí v čistícím zařízení (viz obr. 3.17). Čistící zařízení obsahuje chemickou lázeň, která vznikne smícháním vody a speciálního prášku *WaterWorks Solube Concentrate P400SC* v určitém poměru (42 litrů vody na 1 kg prášku). Tento roztok je ohřát na teplotu 65 °C. Chemická lázeň rozpustí podpůrný materiál, aniž by došlo k poničení stavěcího materiálu. Pro urychlení procesu je vhodné před vložením výrobku do čističky odstranit co největší množství podpůrného materiálu mechanicky např.: kleštěmi, pilníkem nebo pilkou. Proces čištění může trvat i několik hodin, záleží na složitosti a velikosti výrobku.



Obr. 3.17 Čistící zařízení.

Po dokončení čistícího procesu se výrobek vytáhne z čističky, důkladně se opláchne ve vlažné vodě, aby byl odstraněn chemický roztok použitý během čištění. Součást se nechá oschnout a je připravena k použití (viz obr. 3.18).



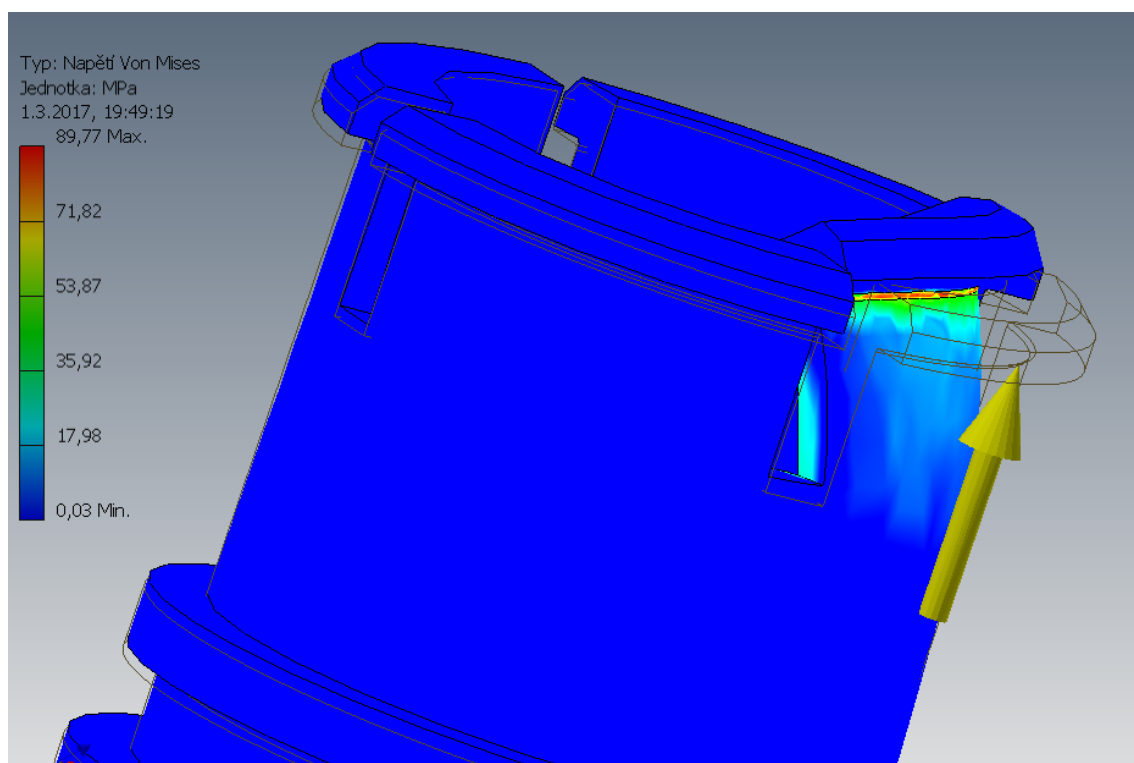
Obr. 3.18 Výsledná součást.

## 4 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

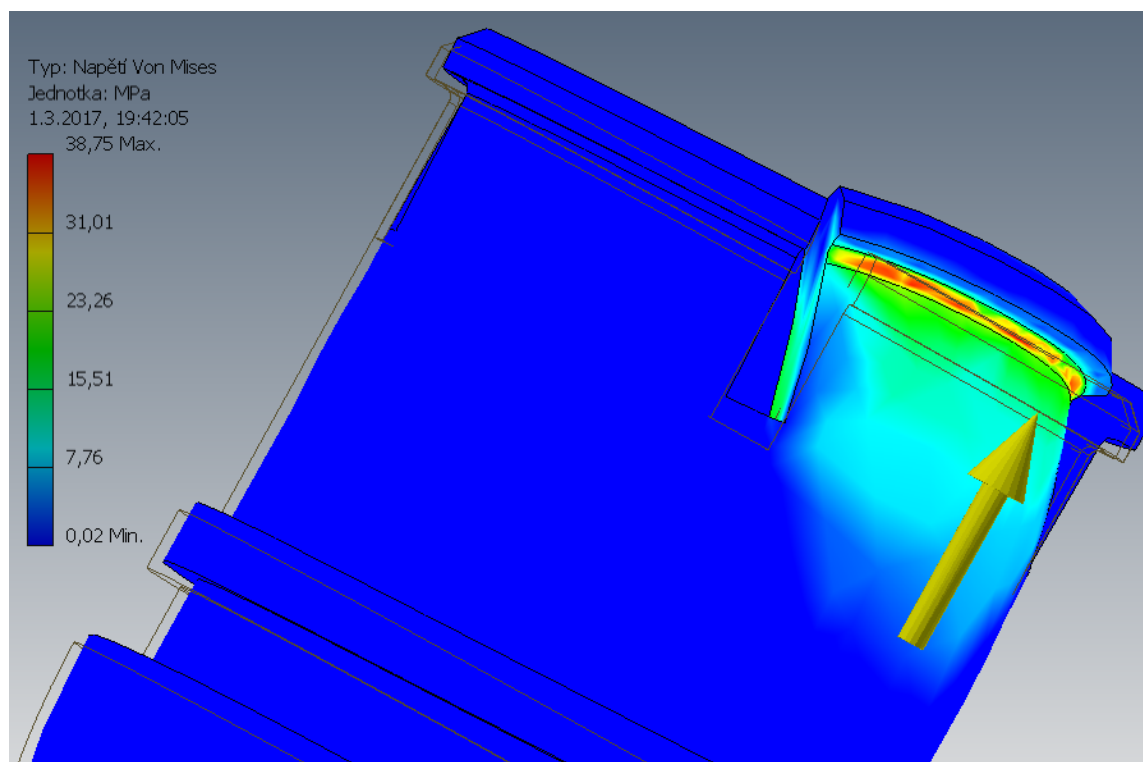
V této části je uvedeno technické a ekonomické zhodnocení, ve kterém je provedeno pevnostní srovnání nové a původní součásti. V ekonomickém zhodnocení je uvedeno cenové srovnání původní a nové součásti.

### 4.1 Technické zhodnocení zhotovené součásti

Na dané součásti bylo provedeno několik úprav, které vedly ke zvýšení odolnosti a pevnosti zhotovené součásti (viz kap. 3.1). Pevnost dané součásti se vlivem úprav více jak zdvojnásobila (viz obr. 4.1 a 4.2), což bylo ověřeno za pomoci „pevnostní analýzy“. Pevnostní analýza byla provedena v programu Autodesk Inventor. Hodnota statické síly použitá během pevnostní analýzy byla 250 N a byla umístěna do kritického místa, kde došlo na původní součásti k odlomení části osazení. Hodnota 250 N, která byla použita během pevnostní analýzy, byla stanovena jako maximální hodnota, která na danou součást působí během používání. Maximální hodnoty napětí při pevnostní analýze: původní součást 90 MPa a nová součást 40 MPa (pokles na 44 % původní hodnoty) (viz obr. 4.1 a 4.2).



Obr. 4.1 Pevnostní analýza původní plastové redukce.



Obr. 4.2 Pevnostní analýza nové plastové redukce.

#### 4.2 Ekonomické zhodnocení zhotovené součásti

Hlavním problémem při nákupu náhradní součásti je, že daná součást se neprodává samostatně, ale pouze jako celek se sací hubicí. Protože však sací hubice nebyla nijak poškozena a majitel si ji přál zachovat, bylo přistoupeno k řešení danou součást vytvořit metodou 3D tisku. Avšak z ekonomického hlediska je výroba dané součásti nákladnější než dostupný náhradní díl od výrobce, kde cena zhotovené součásti je 660 Kč (viz tab. 4.2) a cena dostupné součásti plus poštovné se pohybuje v rozmezí mezi 450 až 500 Kč pro tento daný typ vysavače. Nicméně z dlouhodobého hlediska se tato investice vyplatí, neboť u původní součásti byla doba provozu okolo dvou a půl roku a u této součásti se předpokládá doba životnosti více jak dvojnásobná s ohledem na úpravy provedené na dané součásti (viz kap. 3.1).

K výrobě této součásti byl použit materiál *ABSplus*, který splňuje požadavky na mechanické vlastnosti a zároveň cena je v přijatelných mezích. V porovnání materiálu *ABSplus* je cena vyšší oproti materiálům ABS, PLA, HPIS, ale oproti materiálům PVA a nylonu je zase výrazně nižší (viz tab. 4.1). V tab. 4.1 jsou znázorněny pouze ceny materiálu pro výrobu plastové redukce, není v nich však zahrnuta cena na výrobu.

Tab. 4.1 Ceny materiálů pro výrobu dané součásti.

Materiál	Cena materiálu na výrobu dané součásti [Kč]
ABS	17,0
ABS <i>plus</i>	23,8
PLA	17,0
Nylon	57,6
HPIS	20,4
PVA	81,6

V tabulkách 4.2 až 4.4 je znázorněna cena za výrobu plastové redukce od různých společností. V tomto případě byl tisk zvolen ve společnosti FSI VUT. Přestože cena u této společnosti není nejnížší dostupnou cenou, byla součást zhotovena zde. Hlavním důvodem této volby byla dostupnost tiskárny během tisku kvůli pořízení fotodokumentace.

Tab. 4.2 Cena výroby plastové redukce u kooperačních firem.

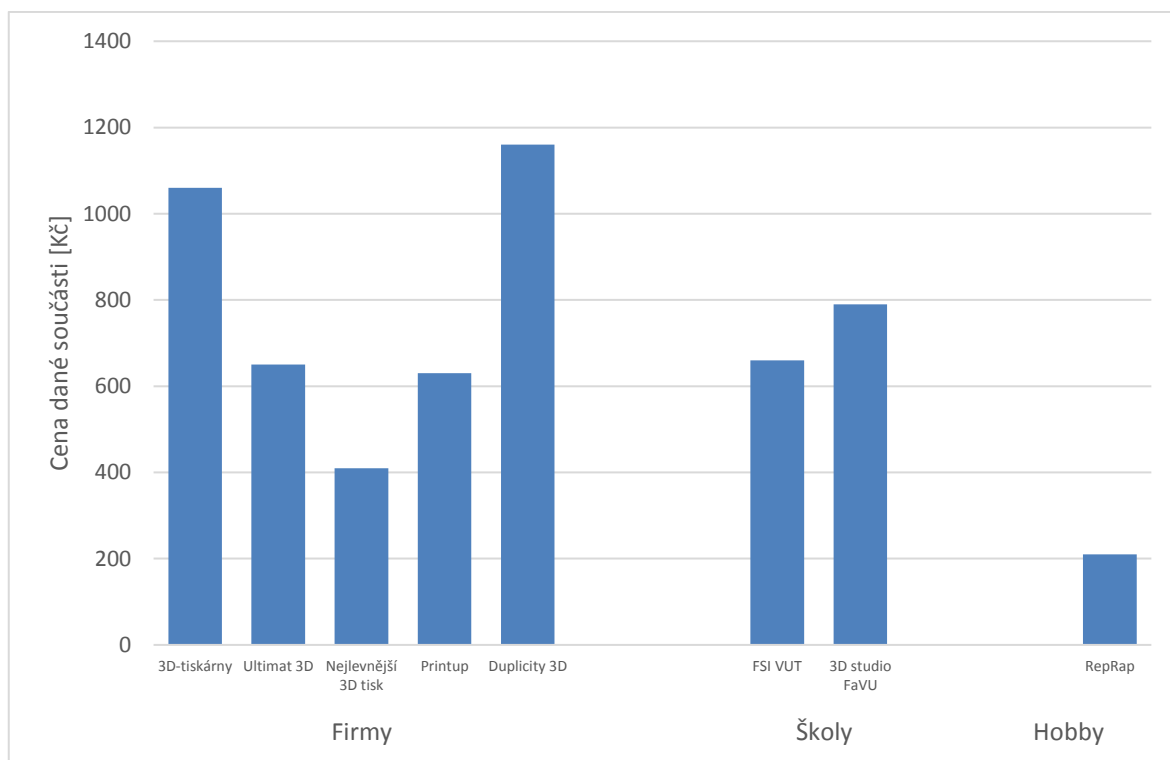
Firma	Cena dané součásti [Kč]
3D-tiskárny	1060
Ultimat 3D	650
Nejlevnější 3D tisk	410
Printup	630
Duplicity 3D	1160

Tab. 4.3 Cena výroby plastové redukce u kooperačních škol.

Škola	Cena dané součásti [Kč]
FSI VUT	660
3D studio FaVU	790

Tab. 4.4 Cena výroby plastové redukce domácí tiskárnou.

Hobby	Cena dané součásti [Kč]
RepRap	210



Obr. 4.3 Porovnání cen od jednotlivých společností.

Z grafické závislosti je patrné, že nejnižší cena je u domácí tiskárny RepRap a naopak nejdražší je u firmy Duplicity 3D.



## 5 DISKUZE – NÁVRH NÁSTAVCŮ (REDUKCÍ)

V této části jsou řešeny návrhy nástavců k vysavači, které nejsou k dostání na českém trhu. První typ nástavce je určen pro vysávání nízkých prostorů (viz příloha 1). Výhody tohoto typu nástavce jsou, že celková výška nástavce je 50 mm a osa hrdla je v rovině s vysávanou plochou. Tyto parametry proto dovolují vysávání úzkých prostorů.

Dalším typem nástavce je nástavec na vysávání prostorů vně radiátorů (viz příloha 2, 3) určitého typu (viz obr. 5). Nástavec je zkonstruován tak, že se zasune mezi segmenty radiátoru. Nástavec je opatřen na bocích drážkami, přes které dochází k odsávání prachu a pavučin z vnitřního prostoru radiátoru. Přednost tohoto nástavce spočívá v tom, že dochází k vysávání z obou stran a v celé šířce radiátoru.



Obr. 5 Radiátor

## ZÁVĚR

V této práci je řešena problematika návrhu a výroby plastové redukce k podlahové hubici. První část této práce obsahuje teoretický úvod k danému tématu. V této části jsou uvedeny základní informace jak o samotném výrobku, tak informace spojené s technologií vysávání. V druhé části jsou popsány jednotlivé druhy materiálů, ze kterých by daná součást mohla být zhotovena a materiál, ze kterého byl výrobek následně zhotoven. V této části jsou také uvedeny mechanické a fyzikální vlastnosti jednotlivých typů materiálů. Ve třetí části jsou detailně popsány jednotlivé kroky při návrhu a výrobě pomocí metody 3D tisku. Jsou zde také popsány úpravy, které vedly ke zvýšení životnosti. Čtvrtá část je zaměřena na technicko-ekonomické zhodnocení výroby plastové redukce. Tato část obsahuje také pevnostní analýzu nové i původní součásti a je zde uveden procentuální rozdíl mezi jednotlivými výrobky. V ekonomické části je uvedena cena spojená s výrobou dané součásti a porovnání s cenou případného náhradního dílu.

Shrnutí dosažených výsledků:

- byla zhotovena plně funkční součást, která je určena ke každodennímu používání (viz obr. 6 a příloha 4),
- úpravy, které byly provedeny vedou ke zvýšení životnosti dané součásti,
- pevnost nové součásti vzrostla o 125 %,
- z hlediska ceny je výroba plastové redukce vyšší než cena za náhradní díl, ale vlivem toho, že se u vyrobené součásti počítá nejméně s dvojnásobnou životností než je u původní součásti, dojde k výrazné cenové úspoře (34 % vzhledem k ceně nového dílu),
- mechanické vlastnosti použitého materiálu splňují požadavky na danou součást,
- použitá metoda 3D tisku je vhodná pro výrobu prototypových dílů, pro výrobu více kusů je nevhodná jak z hlediska ceny, tak z hlediska výrobních časů,
- byly navrženy funkční prototypy nástavců, které se na českém trhu nevyskytují.

Závěrem lze konstatovat, že všechny cíle bakalářské práce byly splněny.



Obr. 6 Aplikace plastové redukce.

**SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ**

1. Jak funguje vysavač. *FyzWeb* [online]. Praha, 2007[cit. 2017-30-01]. Dostupné z: <http://fyzweb.cz/clanky/index.php?id=90>
2. ZANUSSI [online]. Praha, 2016 [cit. 2017-30-01]. Dostupné z: <http://nahradnidily.zanussi.cz/category/P%C3%A9%C4%8De+o+podlahu/Vysava%C4%8De>
3. *Vysavače pro domácnost* [online]. Frýdek-Místek, PL [cit. 2017-30-01]. Dostupné z: <http://www.vysavace-domacnost.cz/druhy/>
4. *Suché čištění koberců* [online]. Doubravník, PL [cit. 2017-30-01]. Dostupné z: <http://www.suchecistenikobercu.cz/jaky-typ-vysavace-vybrat-i/>
5. *Rucni-Naradi.cz* [online]. Brno, PL [cit. 2017-30-01]. Dostupné z: <http://www.rucni-naradi.cz/black-and-decker-hvfe2150lr-aku-tycovy-vysavac>
6. *Instalatérství-topenářství* [online]. Nová Ves u Leštiny, PL [cit. 2017-30-01]. Dostupné z: <http://www.instalaterstvipeco.cz/05-centralni-vysavace/>
7. *EkoPek* [online]. Plzeň, PL [cit. 2017-31-01]. Dostupné z: <http://www.ekopek.cz/cs/cyklonove-vysavace/>
8. *Delfin* [online]. Chrudim, PL [cit. 2017-01-02]. Dostupné z: <http://delfin-vysavace.cz/produkty/>
9. *Fispo* [online]. Praha, PL [cit. 2017-01-02]. Dostupné z: [http://www.fispo.cz/jak\\_vybrat\\_prumyslovy\\_vysavac](http://www.fispo.cz/jak_vybrat_prumyslovy_vysavac)
10. *Dyson* [online]. Brno, PL [cit. 2017-01-02]. Dostupné z: <http://www.dyson-vysavace.cz/prislusenstvi.htm#plocha>
11. *Provysavače* [online]. Ostrava, PL [cit. 2017-01-02]. Dostupné z: <https://www.provysavace.cz/podlahova-hubice-jakou-pouzit-k-memu-vysavaci-x31082>
12. *Trider* [online]. Brno, PL [cit. 2017-03-02]. Dostupné z: <https://trider.cz/material>
13. *Stratasys* [online]. Kuřim, PL [cit. 2017-03-02]. Dostupné z: <http://www.objet.cz/materialy>
14. *Co vybrat* [online]. Praha, PL [cit. 2017-03-02]. Dostupné z: <https://www.covybrat.cz/nejlepsi-vysavac/>
15. *TiViS* [online]. Ivančice, PL [cit. 2017-03-02]. Dostupné z: <https://www.tivis.cz/catalog/krbove-vysavace>

16. FMI Market Report: The Middle East is Going to See Dramatic Growth in the 3D Printing Materials Market. *3Dprint.com* [online]. Littleton, 2017 [cit. 2017-02-03]. Dostupné z: <https://3dprint.com/127986/middle-east-printing-materials/>
17. HIPS - HOUŽEVNATÝ POLYSTYREN. *ELVENTA* [online]. Velký Týnec, 2013 [cit. 2017-02-03]. Dostupné z: <http://www.elventa.cz/produkty/7/HIPS-houzevnaty-polystyren/>
18. PŘEHLED DOSTUPNÝCH MATERIÁLŮ. Na3D [online]. Pržno, 2013 [cit. 2017-04-02]. Dostupné z: <https://www.na3d.cz/materialy/>
19. *3Dstrun.cz* [online]. Praha, PL [cit. 2017-04-02]. Dostupné z: [http://www.3dstruny.cz/Prodavane-materialy-a5\\_9.htm](http://www.3dstruny.cz/Prodavane-materialy-a5_9.htm)
20. *PRUSA* [online]. Praha, PL [cit. 2017-05-02]. Dostupné z: <http://www.prusa3d.cz/materialy/>
21. *3dtiskarny* [online]. Praha, PL [cit. 2017-05-02]. Dostupné z: <http://www.3dtiskarny.info/recenze/srovnani-3d-tiskovych-strun/>
22. *Plastové součástky* [online]. Praha, PL [cit. 2017-07-02]. Dostupné z: [http://www.plastovesoucastky.com/datadocs/materialy\\_CZ.pdf](http://www.plastovesoucastky.com/datadocs/materialy_CZ.pdf)
23. *3D-tisk* [online]. Brno, PL [cit. 2017-09-02]. Dostupné z: <http://www.3d-tisk.cz/stl/>
24. *Trider* [online]. Brno, PL [cit. 2017-13-02]. Dostupné z: <https://trider.cz/priprava-modelu>
25. *Chatar-chalupář* [online]. Praha, PL [cit. 2017-17-02]. Dostupné z: <http://www.chatar-chalupar.cz/22568/>
26. *Provysavače* [online]. Ostrava, PL [cit. 2017-01-02]. Dostupné z: <https://www.provysavace.cz/historie-vysavacu-x31061>
27. *Stratasys* [online]. Kuřim, PL [cit. 2017-21-02]. Dostupné z: <http://www.mcae.cz/stratasys/uprint-se/>
28. CHUA, C. K., LEONG, K. F., LIM, C. S. Rapid Prototyping: Principles and Applications. 3rd ed. New Jersey: World Scientific, c2010, 512 pp. ISBN 978-981-277-897-0.
29. CatalystEX 4.0.1®, ©2010 Stratalys Inc. Eden Prairie, MN. Všechna práva vyhrazena [online]. [cit.2017-25-04]. Dostupné z <http://www.dimensionprinting.com/applications/rapid-prototyping.aspx>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

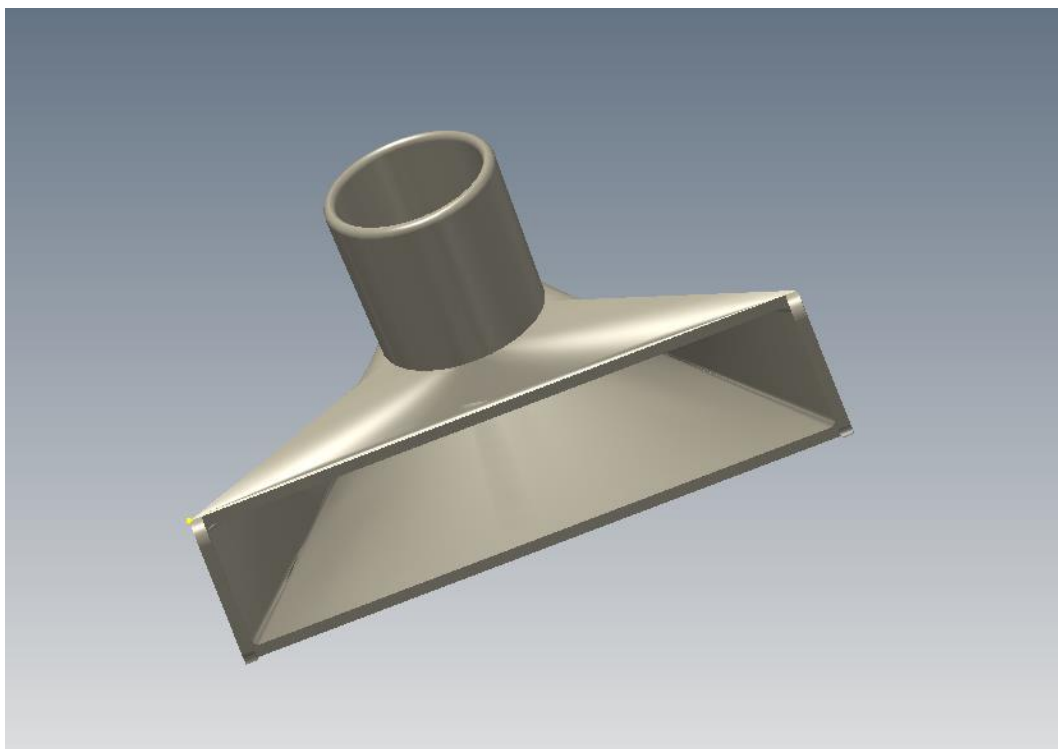
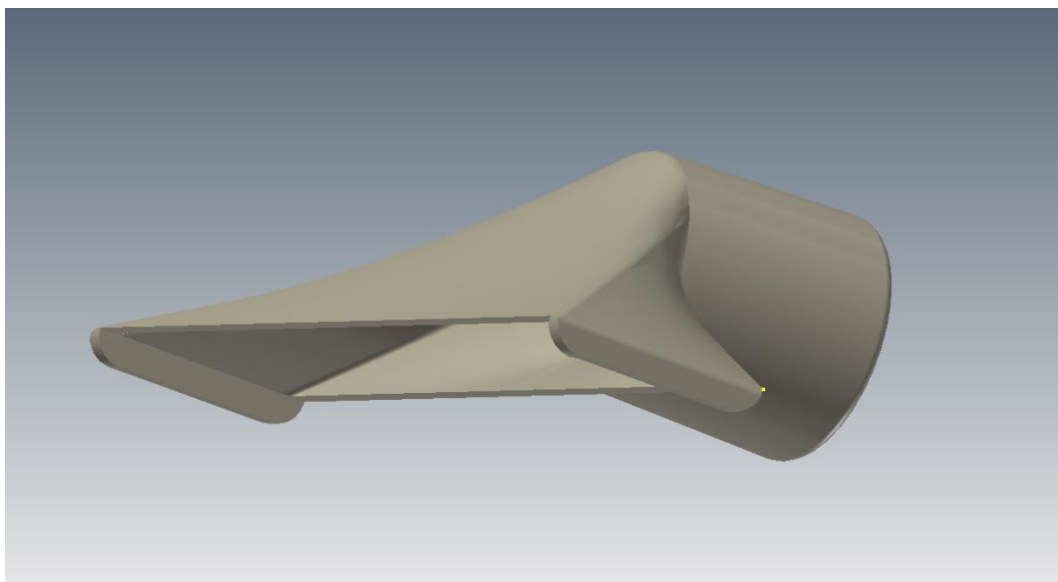
<b>Zkratka</b>	<b>Jednotka</b>	<b>Popis</b>
<b>3D</b>	[-]	Trojdimenzionální (trojrozměrný)
<b>ABS</b>	[-]	Akrylonitrilbutadienstyren
<b>CAD</b>	[-]	Computer Aided Design
<b>FDM</b>	[-]	Fused Deposition Modeling
<b>HEPA</b>	[-]	High Efficiency Particulate Air
<b>HIPS</b>	[-]	High Impact Polystyrene
<b>Např.</b>	[-]	Například
<b>Obr.</b>	[-]	Obrázek
<b>PA6</b>	[-]	Polyamid
<b>PET</b>	[-]	Polyethylentereftalát
<b>PLA</b>	[-]	Polylactic Acid
<b>PVA</b>	[-]	Polyvinylalkohol
<b>RP</b>	[-]	Rapid Prototyping
<b>STL</b>	[-]	Stereolitografie
<b>UV</b>	[-]	Ultrafialové Záření
<b>FSI</b>	[-]	Fakulta Strojního Inženýrství
<b>FaVU</b>	[-]	Fakulta Výtvarných Umění
<b>RepRap</b>	[-]	Replicating Rapid prototyper

**SEZNAM PŘÍLOH**

- |           |   |
|-----------|---|
| Příloha 1 | Nástavec na vysávání nízkých prostorů.              |
| Příloha 2 | Nástavec na vysávání radiátorů (model).             |
| Příloha 3 | Nástavec na vysávání radiátorů (zhotovená součást). |
| Příloha 4 | Plastová redukce aplikace.                          |

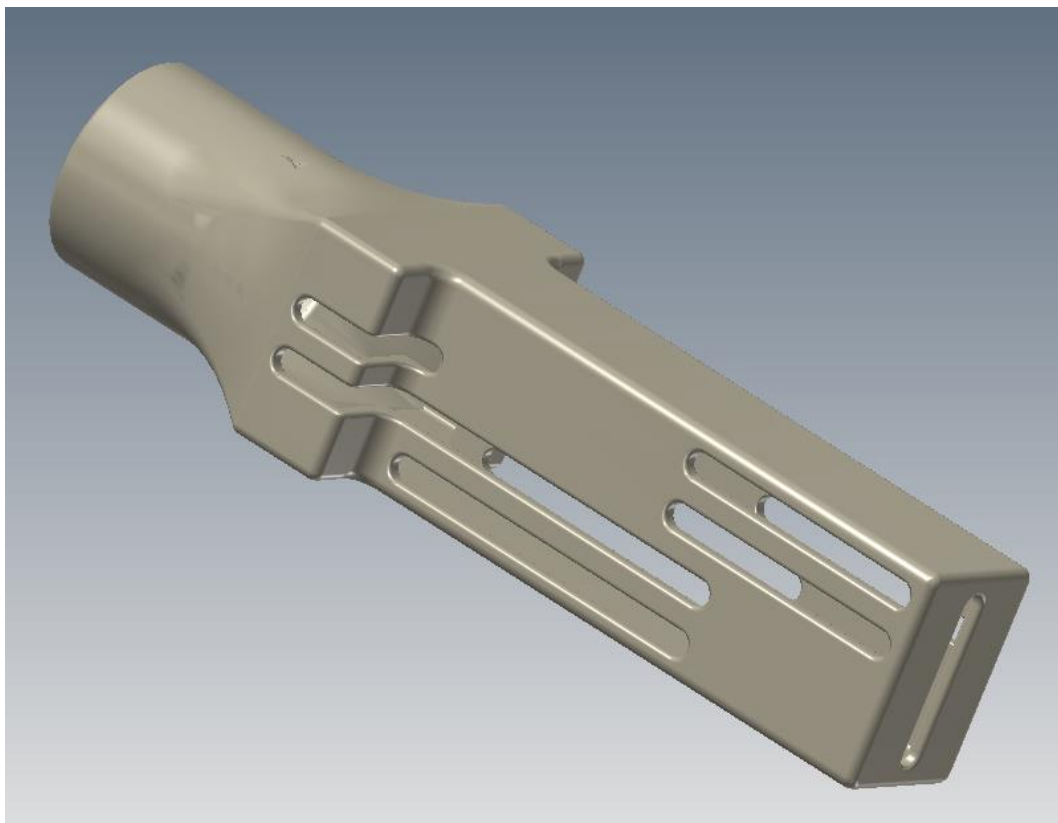
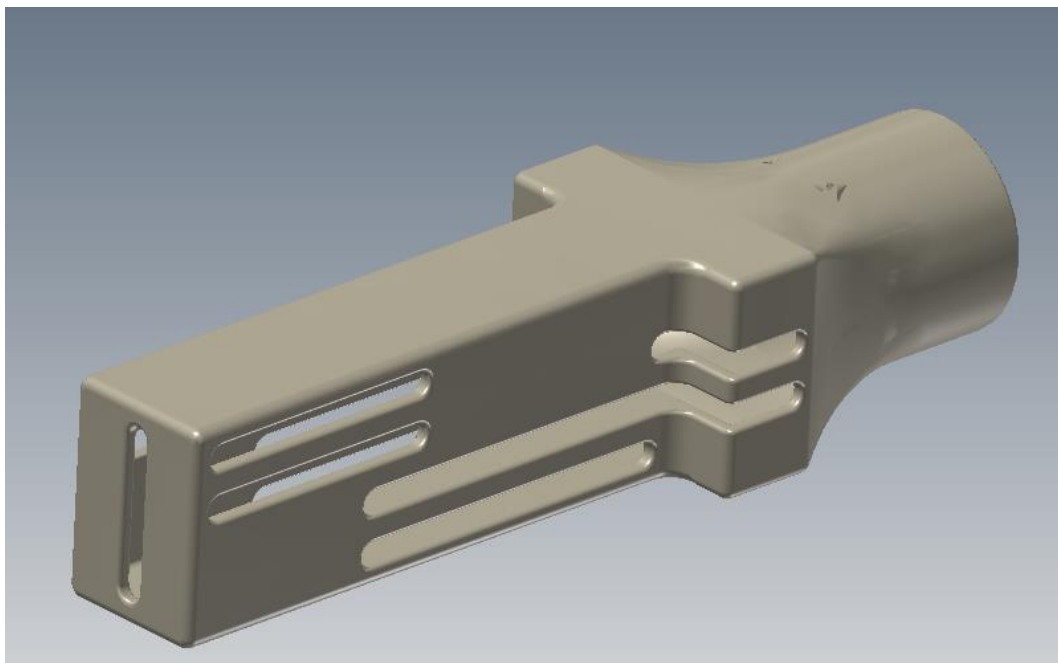
## PŘÍLOHA 1

Nástavec na vysávání nízkých prostorů.



## PŘÍLOHA 2

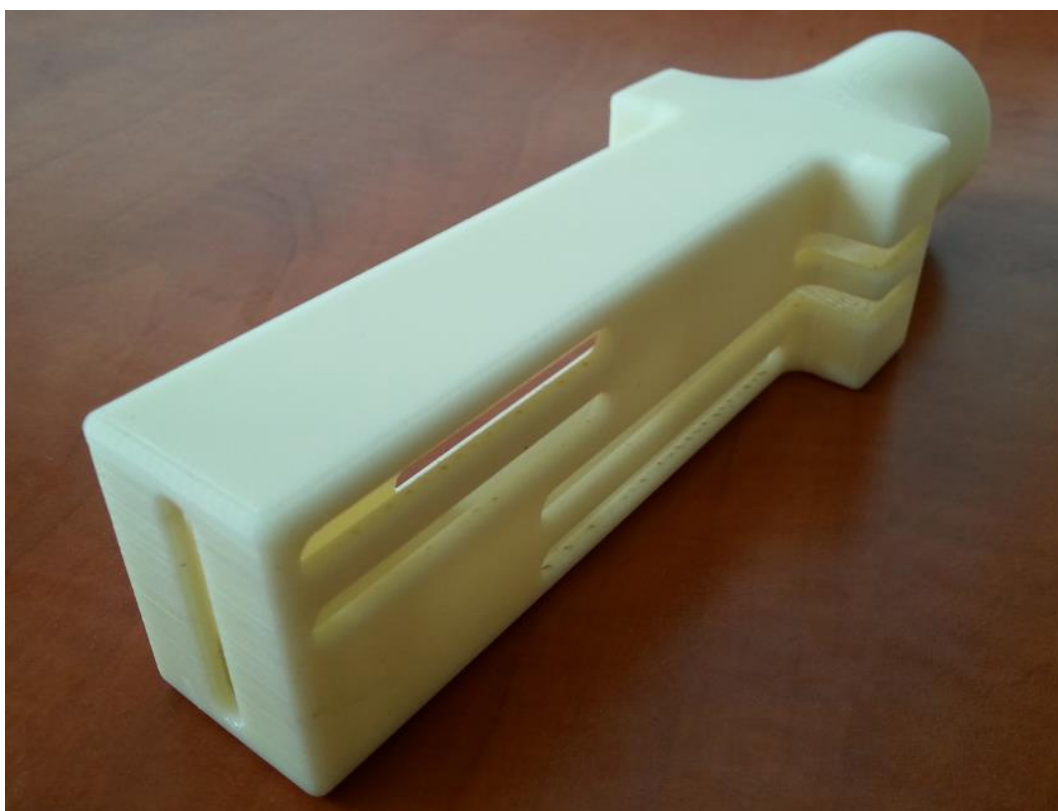
Nástavec na vysávání radiátorů (model).





### PŘÍLOHA 3

Nástavec na vysávání radiátorů (zhotovená součást).



## PŘÍLOHA 4

Plastová redukce aplikace.

